



TUGAS AKHIR - TM 141585

**ANALISIS KARAKTERISTIK TRAKSI SERTA
REDESIGN RASIO TRANSMISI MOBIL TOYOTA
FORTUNER 4.0 V6 SR (AT 4X4)**

NICO YUDHA WARDANA
NRP 2112 100 071

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Eng, Ph.D

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - TM 141585

**TRACTION ANALYSIS AND REDESIGN THE
TRANSMISSION RATIO OF TOYOTA FORTUNER 4.0 V6
SR (AT 4X4)**

NICO YUDHA WARDANA
NRP 2112 100 071

Adviser
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Eng, Ph.D

Mechanical Engineering Departement
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KARAKTERISTIK TRAKSI SERTA REDESIGN RASIO TRANSMISI MOBIL TOYOTA FORTUNER 4.0 V6 SR (AT 4X4)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NICO YUDHA WARDANA

Nrp. 2112 100 071

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing)
(NIP. 19510605 197803 1002)
2. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT. (Penguji I)
(NIP. 19700412 199703 2003)
3. Moch. Solichin, ST., MT. (Penguji II)
(NIP. 19890817 2015041003)

SURABAYA

Juli 2016

ANALISIS KARAKTERISTIK TRAKSI SERTA REDESIGN RASIO TRANSMISI MOBIL TOYOTA FORTUNER 4.0 V6 SR (AT 4X4)

Nama	: Nico Yudha Wardana
NRP	: 2112100071
Jurusan	: Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing	: Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Teknologi otomotif mengalami perkembangan pesat beberapa tahun terakhir, begitu pula dari sektor mobil. Perkembangan teknologi tersebut juga diiringi dengan tingginya penjualan kendaraan di pasar otomotif global, tidak terkecuali Indonesia. *Asean Automotive Federation* (AAF) mencatat produksi mobil Indonesia tahun 2014 mengalami peningkatan sebanyak 1,29 juta unit, meningkat 7,5 persen dari tahun sebelumnya dan terus mengalami peningkatan pada tahun 2015 sebesar 2 juta unit (Kemenprin, 1/16). Melihat tingginya tingkat produksi dan penjualan mobil di Indonesia, seharusnya pihak produsen mengimbangi dengan upaya memberikan informasi detail mengenai mobil kepada konsumen, agar konsumen juga tercedaskan, seperti yang sudah dilakukan di beberapa negara maju. Realitas yang terjadi di pasaran Indonesia, informasi yang diberikan oleh pihak produsen mengenai detail spesifikasi mobil, bahkan untuk tingkat SUV yang merupakan mobil kelas premium pun masih sangatlah terbatas. Kebanyakan brosur hanya menampilkan upgrade teknologi dan fitur tambahan terbaru yang mereka miliki. Jika hal ini terus berlanjut, maka selamanya masyarakat Indonesia hanya akan menjadi konsumen tanpa ada peningkatan pengetahuan mendetail mengenai karakteristik atau performa mesin mobil yang mereka beli. Hal tersebut yang mendasari penulis untuk melakukan analisa karakteristik traksi pada mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT).

Dalam penelitian ini, penulis telah melakukan tiga tahapan pengujian. Tahapan pertama adalah melakukan pengujian *dynotest* pada mobil untuk mengetahui daya aktual serta efisiensi transmisi. Tahap kedua, dilakukan analisa perhitungan sehingga di dapatkan grafik karakteristik mobil pada kondisi standar. Selanjutnya tahap ketiga dilakukan evaluasi terhadap grafik karakteristik traksi kondisi rasio mobil standar, dilanjutkan dengan proses *redesign* tingkat transmisi untuk mengoptimalkan kinerja mobil menggunakan teori *progressi geometri*.

Dari penelitian ini diperoleh grafik karakteristik traksi mobil untuk kondisi rasio gigi standar serta hasil *redesign* dengan 5,6 dan 7 tingkat kecepatan. Pengujian *dynotest* menunjukkan efisiensi transmisi tingkat 1,2,3 berturut-turut sebesar 69,44 %, 67,8 % dan 56,36 %. Setelah dilakukan analisa, ternyata distribusi traksi mobil standar tidak merata, terdapat loses yang cukup besar terutama pada 3 tingkatan gigi awal. Hasil *redesign* dengan menggunakan teori *progressi geometry* menunjukkan distribusi traksi pada kecepatan 0 sampai 200 km/jam yang lebih baik. Distribusi traksi mobil semakin optimal seiring bertambah banyaknya tingkatan gigi transmisi. Sehingga, loses traksi untuk perpindahan gigi pertama menuju tingkat gigi kedua yang awalnya pada kondisi standar sebesar 4.564 kN dapat diminimalisir sampai dengan 1 kN setelah dilakukan *redesign* dengan 7 tingkat kecepatan.

Kata kunci : *dynotest*, karakteristik traksi, fortuner, *automatic transmission*, *redesign*, *rasio transmission*, *progressi geometry*.

TRACTION ANALYSIS AND REDESIGN THE TRANSMISSION RATIO OF TOYOTA FORTUNER 4.0 V6 SR (AT 4X4)

Name : Nico Yudha Wardana
NRP : 2112100071
Major : Teknik Mesin FTI-ITS
Adviser : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra,
M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

Automotive technology has developed rapidly for the last few decade, as well as from the automobile sector. Technological development of automobile was also accompanied by higher vehicle sales in the global automotive market, including Indonesia. ASEAN Automotive Federation (AAF) noted Indonesia's car production in 2014 increased as much as 1.29 million units, up 7.5 percent from the previous year and continued to increase in 2015 amounted to 2 million units (Kemenprin, 1/16). Given the high level of car production and sales in Indonesia, the producers should compensate by efforts to give detailed information about the car to consumers, so consumers also increase their knowledge and know their vehicle characteristic, as has been done in some developed countries. The reality happened in the Indonesian market, the information provided by the manufacturer regarding the detailed specifications of the car, even to the extent that SUV is a premium-class car is still very limited. Most of the brochures show only upgrades and additional features the latest technology at their product. If this condition continues, Indonesian society will only become consumers without any increasing of knowledge about automotive characteristic of engine performance. Thus become the underlying authors to analyze the characteristics of the traction on the Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT).

In this study, the authors have done three stages of testing. The first stage was testing the car, to get the actual power and transmission efficiency using dynotest engine. The second phase, conducted the analysis calculations so on get the traction chart of the car at standard conditions. Further, evaluate the traction chart at standard conditions, followed by the transmission redesign process to optimize the performance of the car using the progression geometry method.

This study result is the car traction chart for standard gear ratio condition and the results of redesign with 5.6 and 7 speeds. Dynotest result for transmission efficiency levels 1,2,3 respectively 69.44%, 67.8% and 56.36%. From the analysis of standard chart of traction, it turns out the standard car traction distribution is uneven, there is a sizable loses mainly on three levels of early ratio. After redesign process by using the theory of progression geometry result shows the distribution of traction at speeds of 0 to 200 kmph is better than the standard condition. The traction distribution getting optimal as increased the number of transmission. Thus, loses traction for first gear shifting towards the second gear that was originally on standard conditions of 4,564 kN can be minimized up to 1 kN after redesign with 7 speeds.

Keywords : *dynotest*, traction chart, fortuner, automatic transmission, redesign, transmission ratio, progressi geometry.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dihaturkan kehadirat Allah S.W.T., atas limpahan rahmat serta petunjuk-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan sesuai harapan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Ayah, Ibu serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, semangat serta doa tanpa henti
2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra M. eng Ph.D selaku pembimbing yang dengan sabar selalu memberikan masukan, saran, serta bantuan dalam penyusunan tugas akhir
3. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT. dan Moch. Solichin, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam memperbaiki kekurangan tugas akhir ini
4. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan fasilitas dalam rangka melancarkan proses penyusunan tugas akhir ini
5. Keluarga besar Laboratorium Desain Otomotif tercinta khususnya Deva Ardiansyah, Puja Priyambada, Nursaid Eko W., Alan Suryaatmaja
6. Saudara-saudari M55 yang selalu membuat penulis mampu menghilangkan rasa penat saat proses penyusunan
7. Kevin Dwi Prasetyo dan Kholiq Deliasgarin R selaku senior yang siap sedia membantu dalam hal diskusi serta saat melakukan pengujian

Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi lingkungan sekitar. Segala kelebihan hanya milik Allah S.W.T dan kekurangan datangnya dari penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna menyempurnakan ilmu yang dipelajari.

Surabaya, Juli 2016

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA`	7
2.1 Kinerja traksi kendaraan	7
2.2 Penelitian terdahulu	7
2.3 Dinamika Kendaraan	11
2.3.1 Gaya Hambat Kendaraan	11
2.3.2 Gaya Dorong kendaraan.....	16
2.3.3 Kecepatan dan Percepatan Kendaraan	18
2.4 Komponen Penyalur Daya.....	20
2.4.1 Tipe Penyalur Daya (<i>Drive Train</i>) berdasarkan gerak roda	20
2.4.2 Komponen Penyalur Daya Jenis <i>Automatic Transmission</i>	23
2.5 Desain Tingkatan Gigi (Progressi Geometris).....	24
2.6 Karakteristik Transmisi Kendaraan	26
2.7 <i>Dynotest</i>	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3. 1 Flowchart Penelitian	31
3. 2 Flow Chart Perhitungan.....	33
3.2.1 Flowchart perhitungan gaya hambat kendaraan... 33	
3.2.2 Flowchart perhitungan gaya dorong kendaraan 5 Tingkat Kecepatan.....	35

3.2.3	Flowchart kegiatan <i>dynotest</i>	37
3.2.4	Flowchart perhitungan rasio dan tingkat gigi transmisi	39
BAB 4	PERHITUNGAN DATA DAN ANALISA	41
4.1	Spesifikasi Mobil.....	41
4.1.1	Informasi Umum	41
4.1.2	Transmisi Mobil Fortuner	44
4.2	Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Kendaraan	47
4.2 1	Perhitungan Gaya Hambat Udara.....	47
4.2 2	Perhitungan Gaya Hambatan <i>Rolling</i> (Rr)	50
4.2 3	Perhitungan Gaya Hambat Tanjakan.....	51
4.2 4	Perhitungan Gaya Dorong Mobil Standar Pabrikan.....	54
4.3	Karakteristik Traksi Kendaraan Kondisi Standar	59
4.4	Perhitungan Rasio Transmisi (Teori Progressi Geometri).....	61
4.4.1	Menentukan tingkat gigi pertama.....	61
4.4.2	Menentukan tingkat gigi terakhir	63
4.4.3	Menentukan tingkatan rasio gigi	63
4.5	Hasil <i>Redesign</i> Karakteristik Traksi Kendaraan.....	65
4.5.1	Karakteristik traksi 5 tingkat kecepatan	65
4.5.2	Karakteristik traksi 6 tingkat kecepatan	67
4.5.3	Karakteristik traksi 7 tingkat kecepatan	69
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	71
5. 1	Kesimpulan.....	71
5. 2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Pengaruh gear rasio terhadap fuel consumption.....	2
Gambar 1. 3 Prediksi penggunaan tipe transmisi 2019 ^[1]	3
Gambar 2.2 Hasil desain rasio transmisi mobil GEA.....	8
Gambar 2. 3 Grafik karakteristik traksi kijang 1997 standar (a) 4 tingkat, hasil <i>redesign</i> (b) 5 tingkat (c) 6 tingkat (d) 10 tingkat..	10
Gambar 2. 4 Dinamika Kendaraan mobil fortuner	11
Gambar 2. 5 Grafik pengaruh tekanan ban pada f_o dan f_s ^[3]	13
Gambar 2. 6 Diagram bodi bebas kendaraan saat menanjak ^[3] ...	15
Gambar 2. 7 Skema aliran daya dari mesin mobil ke roda ^[9]	16
Gambar 2. 8 <i>Front wheel differensial mazda cx5</i>	21
Gambar 2. 9 <i>Transfer case</i>	22
Gambar 2. 10 <i>Locking hub</i>	23
Gambar 2. 11 Susunan komponen gearbox transmisi automatic.	23
Gambar 2. 12 Grafik pemilihan perbandingan gigi dengan rasio geometri ^[3]	25
Gambar 2. 13 Grafik karakteristik kinerja transmisi dari suatu kendaraan penumpang MT (<i>manual transmission</i>) ^[3]	27
Gambar 2. 14 Grafik karakteristik kinerja transmisi dari suatu kendaraan penumpang AT (<i>automatic transmission</i>) ^[3]	28
Gambar 2. 15 <i>Engine dyno</i>	29
Gambar 2. 16 <i>Chassis dyno</i> jenis roller.....	29
Gambar 2. 17 <i>Chassis dyno tersambung</i> poros roda mobil.....	30
Gambar 4. 2 Grafik Performa mesin 1 GR-FE ^[8]	43
Gambar 4. 3 Skema transmisi mobil 4WD ^[12]	44
Gambar 4. 4 Skema Planetary Gear A750F ^[7]	45
Gambar 4. 5 Detail komponen <i>planetary gear</i> A750F ^[7]	46
Gambar 4. 6 Grafik Gaya hambat udara mobil Fortuner.....	47
Gambar 4. 7 perhitungan frontal area kendaraan	48
Gambar 4. 8 Grafik Gaya hambat <i>rolling</i> kendaraan	50

Gambar 4. 9 Grafik Gaya hambat total tanjakan kendaraan.....	53
Gambar 4. 10 Grafik Gaya dorong (traksi) kendaraan standar.....	54
Gambar 4. 11 Grafik Karakteristik kinerja torsi konverter	55
Gambar 4. 12 <i>Grafik power & torsion on engine</i> hasil uji <i>dynotest</i>	57
Gambar 4. 13 <i>Grafik power & torsion on wheel</i> hasil uji <i>dynotest</i>	57
Gambar 4. 14 Grafik Karakteristik traksi Fortuner standar.....	59
Gambar 4. 15 Grafik Percepatan kendaraan 5 tingkat kecepatan standar	60
Gambar 4. 16 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 5 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	65
Gambar 4. 17 Grafik Percepatan kendaraan 5 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	66
Gambar 4. 18 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 6 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	67
Gambar 4. 19 Grafik Percepatan kendaraan 6 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	68
Gambar 4. 20 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 7 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	69
Gambar 4. 21 Grafik Percepatan kendaraan 7 tingkat kecepatan hasil <i>redesign</i>	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai rata-rata dari koefisien hambatan rolling untuk berbagai jenis dan berbagai kondisi jalan ^[3]	14
Tabel 4. 1 Spesifikasi Toyota Fortuner V6 4.0 SR.....	41
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Planetary Gear</i> A750F ^[7]	45
Tabel 4. 3 <i>Transmission shifting gear</i> A750F ^[7]	46
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan gaya hambat angin	48
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan <i>rolling resisrance</i>	50
Tabel 4. 6 Gaya tanjak kendaraan pada kemiringan tertentu	52
Tabel 4. 7 Kinerja Torsi Konverter	56
Tabel 4. 8 Efisiensi drivetrain pada masing-masing tingkat transmisi	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi otomotif mengalami perkembangan pesat beberapa tahun terakhir, begitu pula dari sektor mobil, yang juga diiringi dengan tingginya penjualan kendaraan di pasar otomotif global tidak terkecuali Indonesia. Sesuai data yang dilansir Kementerian Perindustrian, pada tahun 2016 penjualan mobil di Indonesia mencapai 1,2 juta unit, turun 1,7 persen dari penjualan tahun 2013. Namun dari segi produksi, AAF mencatat pada periode yang sama produksi mobil Indonesia sebanyak 1,29 juta unit meningkat 7,5 persen dari tahun sebelumnya kemudian naik menjadi 2 juta unit pada tahun 2015 (Kemenprin, 1/16).

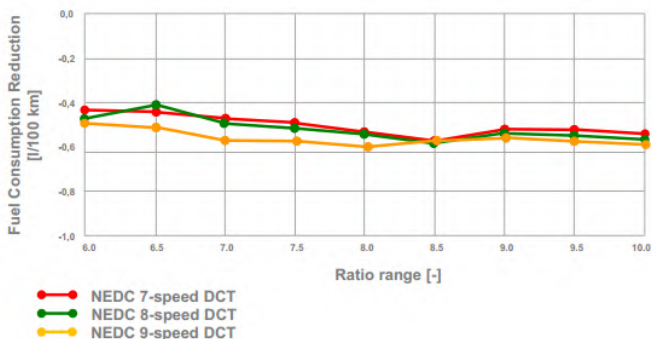
Semenjak diproduksi dan dipasarkanya mobil murah ramah lingkungan (LCGC), terjadi segmetasi pada pasar otomotif nasional. Dominasi pasar yang selama ini dipegang oleh jenis mobil MPV, mulai 2014 direbut oleh produk otomotif keluaran terbaru ini. Akan tetapi, hal tersebut tidak berpengaruh terhadap konsumen jenis mobil SUV. Sebab, jika ditinjau dari segi harga, fitur dan teknologi yang ditawarkan, mobil jenis SUV bisa dibilang menawarkan kelas yang berbeda jika dibandingkan dengan LCGC.

Sementara itu, Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) selaku Asosiasi yang menaungi industri mobil, baru saja mengeluarkan data kendaraan SUV terlaris yang dirilis pada awal tahun 2015. Mobil Toyota Fortuner menempati urutan pertama dengan penjualan menembus angka 1.138 unit.

Melihat tingginya tingkat produksi dan penjualan mobil di Indonesia, seharusnya pihak produsen

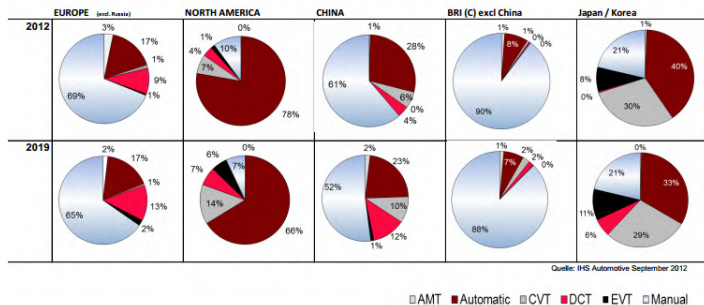
mengimbangnya dengan upaya memberikan informasi detail mengenai mobil kepada konsumen seperti yang telah dilakukan di beberapa negara maju dalam upaya mencerdaskan konsumen. Realitas yang terjadi di pasaran Indonesia, informasi yang diberikan oleh pihak pabrikan, dealer maupun showroom mengenai detail spesifikasi mobil kepada konsumen, bahkan untuk tingkat SUV yang notabnya merupakan mobil premium pun masih sangatlah terbatas. Kebanyakan brosur hanya menampilkan upgrade teknologi dan fitur terbaru yang mereka miliki tanpa mencantumkan detail informasi mengenai karakteristik mesin kendaraan tersebut. Selama ini cara konsumen mengetahui kinerja kendaraan kebanyakan hanya berdasarkan tanya jawab dan tukar pengalaman (*sharing*) dengan sesama pengguna lainnya.

Penelitian baru-baru ini yang dilakukan oleh Bern Eckl dan Didier Lexa (Presiden dan Wakil Presiden Getrag Company) dalam *International CTI Symposium* menyebutkan bahwa efek penambahan rasio gear berpengaruh cukup signifikan terhadap *fuel consumption* kendaraan, hal ini dapat dilihat pada grafik 1.1 berikut,



Gambar 1. 1 Pengaruh gear rasio terhadap fuel consumption

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan, rekomendasi penggunaan gear yang efektif untuk Automatic Transmission adalah 7 buah tingkatan. GETRAG company memprediksi penggunaan shifting gear Automatic pada mobil akan terus meningkat sampai tahun 2019 seperti terlihat pada gambar berikut,



Gambar 1. 2 Prediksi penggunaan tipe transmisi 2019^[1]

Selain itu, dengan menambah tingkatan gigi maka akan diperoleh beberapa keuntungan. Diantaranya adalah, pemilihan tingkat gear tingkat akhir bisa lebih kecil sehingga kecepatan kendaraan dapat ditingkatkan untuk mencapai kondisi *overdrive*, serta proses pemindahan gigi bisa lebih halus^[6].

Beberapa hal tersebut diatas yang mendasari penulis untuk melakukan Analisa Karakteristik Traksi serta *Redesign* Rasio Transmisi pada mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik traksi yang di hasilkan mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT) berdasarkan hasil uji *dynotest*?

2. Bagaimana efisiensi transmisi mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT) berdasarkan hasil uji *dynotest*?
3. Bagaimana hasil *redesign* rasio transmisi mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT) dengan teori progressi geometri?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Mengacu pada rumusan masalah, maka tujuan poposal tugas akhir ini adalah,

1. Mengetahui karakteristik traksi yang di hasilkan mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT) berdasarkan hasil uji *dynotest*.
2. Mengetahui efisiensi transmisi mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR(4X4 AT) berdasarkan hasil uji *dynotest*.
3. Mengetahui hasil *redesign* Rasio Transmisi Mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT) dengan Teori *Progressi Geometri*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan proposal tugas akhir ini antara lain:

1. Kendaraan yang dianalisa adalah mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR (Model GGN50L – EKA SKG) dengan tipe mesin IGR-FE 3956 mL keluaran 2013 4X4 Automatic Transmission
2. Analisa yang dilakukan dalam kondisi mobil terisi 1 orang sopir dengan berat 60 kg
3. Tekanan ban 30 psi
4. Kinerja engine tidak dipengaruhi lingkungan sekitar
5. Titik CG kendaraan berhimpit dengan titik guling kendaraan
6. Menggunakan bahan bakar premium
7. Jalan yang dilalui rata (tidak bergelombang)

8. Beban angin yang terjadi pada kendaraan yaitu gaya hambat (drag)

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Dengan mengetahui analisa grafik traksi , sudut tanjak, percepatan yang mampu dilalui kendaraan, serta desain transmisi berdasarkan progresi geometris maka diharapkan hasil penelitian tugas akhir ini dapat digunakan sebagai referensi mobil Toyota fortuner 4.0 V6 SR dalam penggunaan operasional, mengurangi loses traksi pada transmisi, serta acuan desain penelitian dan pengembangan produk mobil Toyota selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA`

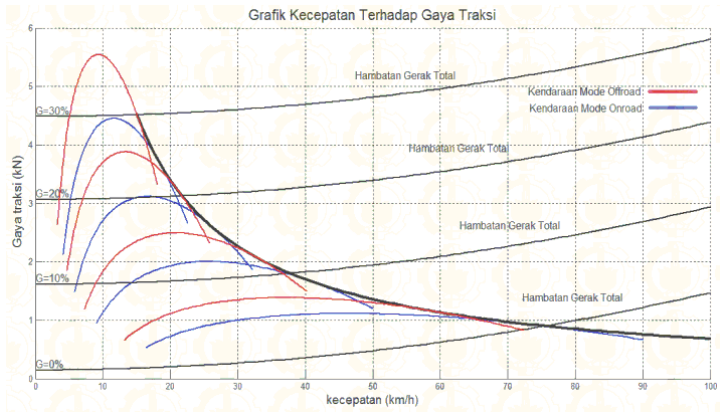
2.1 Kinerja traksi kendaraan

Secara umum, kinerja dari sebuah kendaraan dapat dibedakan menjadi 3 jenis kinerja, yaitu kinerja traksi kendaraan, kestabilan arah, serta kinerja pengaman kendaraan. Secara umum, kinerja traksi kendaraan dapat diartikan sebagai kemampuan kendaraan untuk melaju melawan gaya hambat yang ada pada saat kendaraan beroperasi. Gaya-gaya hambat tersebut adalah gaya hambat angin, gaya hambat tanjakan, serta gaya hambat *rolling* yang terjadi pada komponen kendaraan yang bergerak. Kemampuan kendaraan tersebut sangat dipengaruhi oleh kemampuan mesin kendaraan, pemilihan tingkat rasio transmisi, serta jenis transmisi yang dipakai.^[3]

Pada umumnya, informasi mengenai karakteristik traksi sebuah kendaraan ditampilkan dalam sebuah grafik yang menampilkan data kecepatan kendaraan, gaya dorong kendaraan (pada masing-masing gigi), gaya hambat kendaraan, serta pengaruh kondisi jalan terhadap gaya hambat.

2.2 Penelitian terdahulu

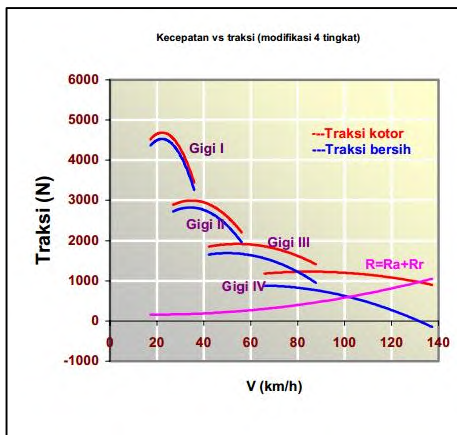
Penelitian mengenai analisa karakteristik kendaraan sebelumnya pernah dilakukan oleh Mohamad Fikki Rizki dengan judul “*Analisa Kinerja Sistem Transmisi pada Kendaraan Multiguna Pedesaan untuk Mode Pengaturan Kecepatan Maksimal pada Putaran Maksimal Engine dan Daya Maksimal Engine*” membahas mengenai mobil angkutan desa. Dalam penelitian tersebut, penulis membuat desain rasio overall transmisi (Gambar 2.1) dari kendaraan kemudian menganalisanya agar kendaraan mampu berjalan pada kondisi *on-road* dan *off-road*.



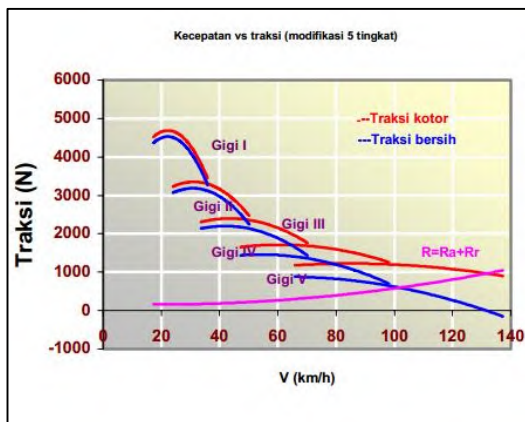
Gambar 2.1 Hasil desain rasio transmisi mobil GEA

Hasil penelitian tersebut berupa kecepatan maksimum mobil GEA pada kondisi on road dan offroad kemudian selanjutnya didapatkan nilai konsumsi bahan bakar pada masing-masing medan. Selain itu, pada penelitian ini juga di dapatkan detail konsumsi bahan bakar pada masing-masing tingkat roda gigi sehingga terlihat pada tingkat transmisi mana yang mengkonsumsi bahan bakar paling besar.

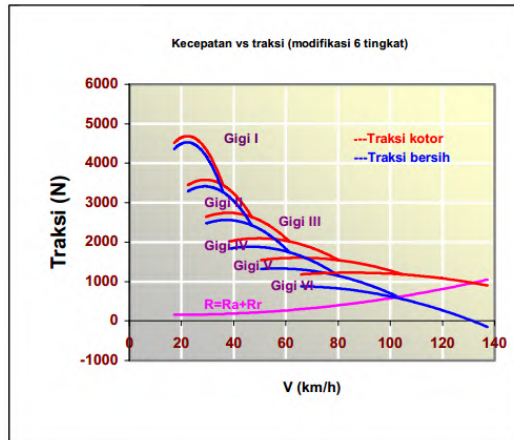
Penelitian kedua, mengenai perancangan tingkat transmisi menggunakan metode progresi geometri pada mobil toyota kijang. Penelitian tersebut dilakukan oleh ananda IGNP Tenaya dan I Ketut Adi Atmika dalam tugas akhirnya di Fakultas Teknik Mesin Universitas Udayana.



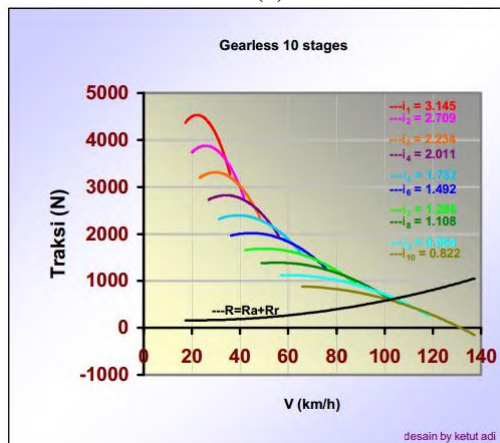
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. 2 Grafik karakteristik traksi kijang 1997 standar
(a) 4 tingkat, hasil *redesign* (b) 5 tingkat (c) 6 tingkat (d) 10 tingkat

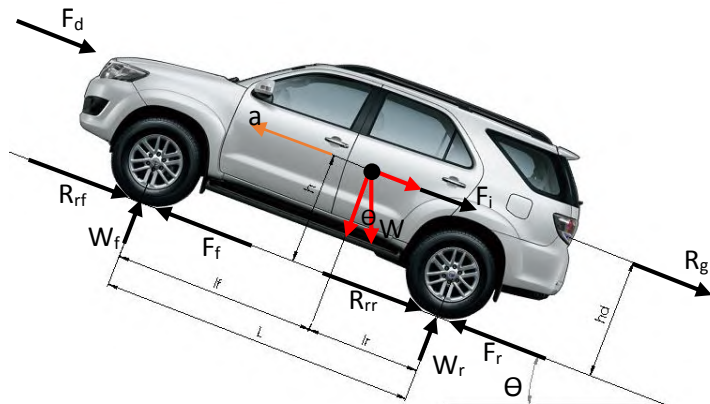
Dalam penelitian tersebut, mereka merancang kemudian membandingkan efisiensi transmisi pada 4,6 dan 10 tingkat

kecepatan kendaraan (gambar 2.2). Sesuai grafik traksi yang dihasilkan pada masing-masing tingkat kecepatan. Pada akhirnya ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak tingkat transmisi yang digunakan, akan semakin sedikit traksi yang terbuang, serta karakteristik traksi kendaraan akan mendekati karakteristik idealnya pada *gearless transmission systems*. *Gearless transmission* sistem sendiri merupakan istilah lain untuk transmisi ideal yang tidak menimbulkan losses traksi.

2.3 Dinamika Kendaraan

2.3.1 Gaya Hambat Kendaraan

Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kendaraan yang sedang melaju pada sebuah permukaan dengan sudut tanjak tertentu dapat dijabarkan dalam gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Dinamika Kendaraan mobil fortuner

F_t adalah gaya dorong kendaraan oleh mesin pada roda penggerak. Sesuai tujuannya agar dapat memenuhi driver demand, pada gambar 2.3 F_t (gaya dorong) dibagi menjadi dua yaitu F_f (gaya dorong pada roda depan) dan F_r (gaya

dorong pada roda belakang). Gaya dorong pada kendaraan kendaraan yang sedang berjalan, dihambat oleh tiga macam gaya hambat yaitu, *drag force*, *rolling resistance* serta gaya hambat kendaraan akibat sudut tanjak.

2.3.1.1 Gaya hambat aerodinamik (Drag)

Gaya hambat karena udara pada mobil disebut dengan *drag force*. Pada dasarnya, terdapat beberapa jenis gaya hambat angin pada kendaraan yaitu hambatan bentuk, hambatan pusaran, hambatan tonjolan, serta hambatan aliran dalam [3]. Namun, pada dasarnya gaya hambat yang paling besar adalah akibat gaya hambat bentuk dan pusaran. Dengan demikian, besarnya gaya hambat angin dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$Ra = \frac{1}{2} \rho \times Cd \times Af \times Va^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana, Ra = hambatan aerodinamika (N)
 ρ = massa jenis udara (kg/m^3)
 Cd = koefisien drag
 Af = Luas frontal kendaraan (m^2)
 Va = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/s)

Dewasa ini, model bodi kendaraan yang diproduksi umumnya selalu memperhatikan 2 aspek penting, yaitu aspek estetik dan juga aspek desain berkaitan dengan koefisien hambat aerodinamik (Cd) dari kendaraan [1].

Sedangkan untuk mobil jenis Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4X4 AT), yang memiliki desain aerodinamis serta dilengkapi dengan *air spats* pada bagian bawah bumper (bertujuan mengurangi aliran udara menuju kebawah ban), diklaim oleh pihak Toyota memiliki *coefficient drag* sebesar 0.38 [13].

2.3.1.2 Gaya Hambat Rolling (*Rolling Resistant*)

Gaya yang kedua adalah *rolling resistant*. Yaitu gaya hambat akibat gesekan ban dengan jalan. Untuk mencari besarnya gaya hambat rolling, pertama kita harus menentukan besarnya koefisien hambatan rolling (f_r) terlebih dahulu. Besarnya f_r dapat dicari menggunakan persamaan hasil eksperimen *J.J Tabor* berikut^[4],

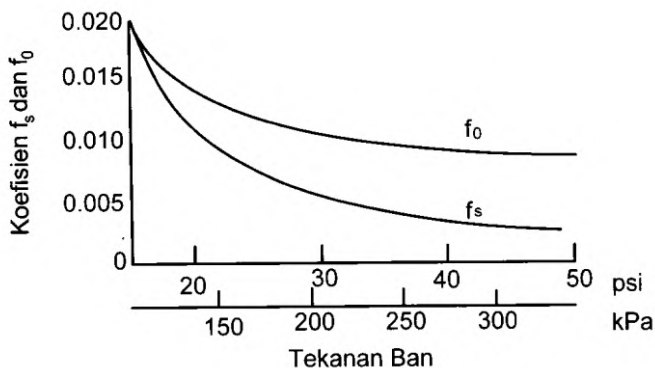
$$f_r = f_o + f_s \left(\frac{V_k}{100} \right)^{2,5} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana,

- | | |
|-----------------|---|
| f_r | = koefisien hambat rolling |
| f_o dan f_s | = koefisien yang nilainya tergantung pada tekanan ban, didapat dari grafik gambar 2.4 |
| V_k | = Kecepatan kendaraan(km/h) |

Sedangkan untuk kondisi tekanan ban sekitar 26 psi, maka perumusan diatas dapat disederhanakan sebagai berikut ^[3],

$$f_r = 0.01 \left[1 + \frac{V_k}{160} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2. 4 Grafik pengaruh tekanan ban pada f_o dan f_s ^[3]

Tabel 2. 1 Nilai rata-rata dari koefisien hambatan rolling untuk berbagai jenis dan berbagai kondisi jalan ^[3]

Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
	Beton	Keras/Aspal	Pasir
Kendaraan penumpang	0.015	0.08	0.3
Truk	0.012	0.06	0.25
Traktor	0.02	0.04	0.2

Setelah mendapatkan koefisien hambat roling (f_r) , maka dengan menggunakan rumus 2.4 besarnya gaya hambat roling dapat dicari,

$$R_{rr} = f_r \times (W_f + W_r) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana,

R_{rr} = gaya hambat resistance pada roda belakang (N)

W_f = berat roda depan (N)

W_r = berat roda belakang (N)

2.3.1.3 Gaya Hambat Tanjakan

Gaya hambat yang ketiga adalah gaya hambat tanjakan, yaitu gaya hambat yang diakibatkan adanya sudut tanjak yang dilewati oleh kendaraan sehingga beban kendaraan akan bertambah akibat gaya gravitasi yang muncul. Besarnya gaya hambat akibat sudut tanjak dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$R_g = W \sin \theta = \text{hambatan tanjakan (N)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Ketika kendaraan dalam posisi menanjak, digunakan satuan *gradeability* sebagai acuan. *Gradeability* adalah kemampuan suatu kendaraan untuk mendaki suatu tanjakan.

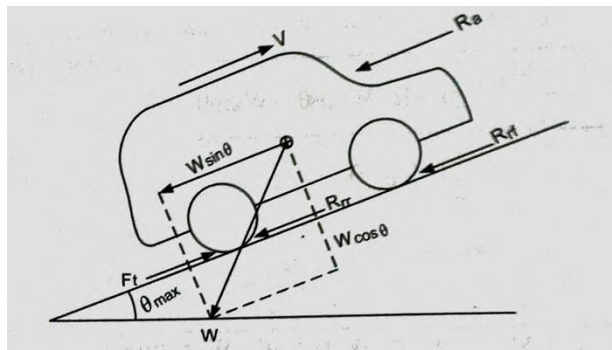
Jika kendaraan didesain dengan gradient 30% misalnya, maka kemampuan kendaraan tersebut harus mampu menanjak dengan gradient sebesar 30%. Jika kendaraan tersebut belum mampu menempuh tanjakan tersebut, maka kendaraan tersebut dikatakan tidak memenuhi kriteria *gradeability* yang disyaratkan.^[2]

Perhitungan gradient tanjakan (G) dapat dilakukan dengan rumus berikut,

$$G = \tan \theta = \frac{\text{vertical projection}}{\text{horizontal projection}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan demikian, setelah meninjau tiga buah gaya hambat yang bekerja pada kendaraan sesuai penjelasan sebelumnya, maka gaya hambat total pada kendaraan dapat dirumuskan sesuai persamaan 2.7 dibawah ini,

$$F_r = F_d + R_r + R_g \dots\dots\dots (2.7)$$



Gambar 2. 5 Diagram bodi bebas kendaraan saat menanjak ^[3]

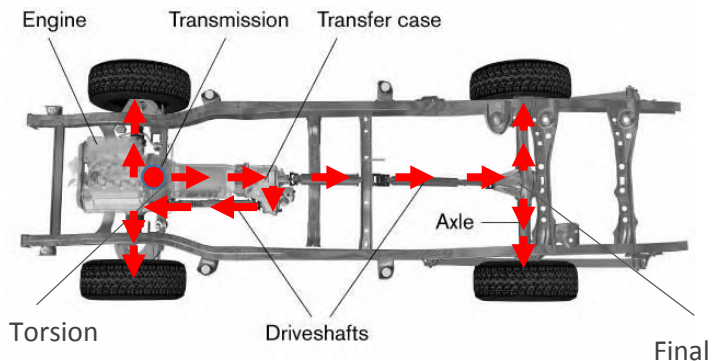
Akan tetapi, pada saat kendaraan dalam posisi menanjak, besarnya sudut tanjak juga akan berpengaruh terhadap besarnya *Rolling Resistance* kendaraan akibat perbedaan

gaya normal pada kendaraan yang besarnya lebih kecil dibandingkan saat berjalan mendatar (gambar 2.5, besar gaya normal kendaraan sama dengan Gaya berat kendaraan dikali \cos sudut tanjak). Sehingga rumus gaya dorong kendaraan total (rumus 2.7) sedikit dimodifikasi menjadi seperti berikut,

$$F_r = F_d + R_r + R_g$$

$$F_r = f_r \cdot W \cos\theta_{\max} + \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 + W \sin\theta_{\max} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.3.2 Gaya Dorong kendaraan



Gambar 2. 6 Skema aliran daya dari mesin mobil ke roda ^[9]

Gaya Dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan. Gaya dorong ini dihasilkan dari daya yang dihasilkan oleh mesin kendaraan (*engine*) yang kemudian disalurkan melalui sistem transmisi sehingga akhirnya dapat menggerakkan roda (gambar 2.6). Untuk menghitung besarnya gaya dorong yang mampu dihasilkan kendaraan, dapat digunakan persamaan 2.13. Selain melalui metode analitis/ perhitungan, untuk mencari besarnya nilai gaya dorong (F_t) aktual pada kendaraan juga

dapat dilakukan dengan cara lain. Yaitu dengan melakukan pengujian menggunakan mesin *dynotest* pada mobil.

Gambar 2.6 di atas adalah gambar skema aliran daya dari mobil yang nantinya dikonversi menjadi gaya dorong. Torsi mesin pada mobil (Me) dihasilkan langsung oleh pembakaran pada *combustion engine*. Torsi dari engine kemudian akan masuk ke drivetrain. Setelah melalui drivetrain, daya yang disalurkan besarnya akan menurun akibat adanya losses pada drivetrain, kemudian daya akan langsung disalurkan menuju roda kendaraan, torsi yang muncul pada roda disebut Tr. Tr sendiri merupakan kebutuhan torsi untuk menggerakkan kendaraan. Torsi yang muncul pada roda nantinya akan digunakan untuk memutar roda agar bisa bergerak. Pada permukaan roda, ketika berputar akan timbul gaya tangensial. Gaya inilah yang biasa kita sebut dengan gaya dorong (Ft).

Proses transmisi dan transformasi torsi yang dihasilkan oleh mesin menjadi menjadi gaya dorong (Ft) yang terjadi pada roda penggerak dipengaruhi beberapa faktor berikut,

1. Perbandingan transmisi

$$it = \frac{ne}{ntr} \dots\dots\dots (2.9)$$

2. Perbandingan putaran pada gardan

$$ig = \frac{ntr}{np} \dots\dots\dots (2.10)$$

3. Torsi yang keluar dari transmisi

$$Mtr = it \cdot Me \dots\dots\dots (2.11)$$

4. Torsi pada poros penggerak setelah Mtr ditransmisikan melalui gardan

$$Mp = ig \cdot Mtr = it \cdot ig \cdot Me \dots\dots\dots (2.12)$$

Maka, gaya dorong pada roda penggerak (Ft) dengan memperhatikan efisiensi (η) pada semua proses transmisi untuk mobil pada umumnya dirumuskan sebagai berikut,

$$Ft = \frac{it \cdot ig \cdot Me}{r} \eta \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana,

$F_t = F_f + F_r$	= gaya dorong pada kendaraan roda penggerak depan dan belakang (N)
$F_t = F_f$	= gaya dorong pada kendaraan dengan roda penggerak depan (N)
$F_t = F_r$	= gaya dorong pada kendaraan dengan roda penggerak belakang (N)
M_e	= torsi keluaran dari mesin (N.m)
n_e	= putaran mesin
n_{tr}	= putaran transmisi
n_p	= putaran poros penggerak
r	= jari-jari roda (m)
η_t	= efisiensi transmisi,
	(0.88-0.92) untuk mesin yang letaknya memanjang, poros penggerak belakang
	(0.91-0.95) untuk mesin yang letaknya melintang
i_t	= perbandingan gigi transmisi
i_g	= perbandingan transmisi pada gardan

Sedangkan, untuk jenis transmisi pada kendaraan *Automatic Transmission 4X4 AT* terdapat rasio torsi konverter serta *transfer case*, maka perhitungan gaya dorongnya adalah sebagai berikut,

$$F_t = \frac{C_{tr}.i_t . i_g . i_{tc} . M_e}{r} . \eta_t . \eta_{ctr} . \eta_{tc} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana,

C_{tr}	= rasio torsi konverter
i_{tc}	= rasio transfer case
η_{ctr}	= efisiensi torsi konverter
η_{tc}	= efisiensi transfer case

2.3.3 Kecepatan dan Percepatan Kendaraan

Kecepatan maksimum kendaran dalam setiap tingkat transmisi (k) dapat dirumuskan:

$$V_k = \frac{Rpm \text{ output engine } \times Csr}{ik \times ig \times ctr.itc} \times \frac{2\pi}{60} \times jari - \frac{jari \text{ roda aktif} \times \frac{3600}{1000}}{\dots\dots\dots} \quad (2.15)$$

dimana,

V_k = kecepatan pada tingkat k (km/h)

I_k = rasio transmisi pada tingkat k

C_{sr} = rasio kecepatan torsi converter

Dalam gerakan lurus besarnya percepatan dapat dilakukan oleh kendaraan adalah merupakan factor penting sebagai parameter kinerja laju kendaraan. Untuk kendaraan yang bergerak dari keadaan diam sampai kecepatan tertentu (percepatan) atau dari kecepatan tertentu sampai berhenti (perlambatan), maka percepatan (a), waktu (t), dan jarak (S) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut,

- a. Untuk kondisi percepatan, kendaran diam mencapai kecepatan akhir (V_t)

$$a = \frac{Vt^2}{2.S} = \frac{Vt}{t} = \frac{2.S}{t^2} \quad (2.16)$$

$$t = \frac{Vt}{a} = \frac{2.S}{Vt} = \sqrt{\frac{2.S}{a}} \quad (2.17)$$

$$S = \frac{Vt^2}{2.a} = \frac{Vt \cdot t}{2} = \frac{2.t^2}{2} \quad (2.18)$$

- b. Sedangkan untuk mencari percepatan untuk setiap tingat gigi (k), dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a_k = \frac{(Ft - Rrr - Ra)}{massa \text{ penuh}} \quad (2.19)$$

dimana,

a = percepatan (m/s)

F_t = gaya dorong (N)

R_{rr} = gaya hambat resistance pada roda belakang (N)

R_a = hambatan hambatan aerodinamika (N)

2.4 Komponen Penyalur Daya

2.4.1 Tipe Penyalur Daya (*Drive Train*) berdasarkan gerak roda

Secara umum jenis drive train berdasarkan jumlah roda yang dibagi menjadi tiga, yaitu: *2WD (two wheel drive)*, *4WD (four wheel drive)* dan *AWD (All wheel drive)*. Pembagian ini didasarkan pada kemana saja daya dari mesin yang ditransferkan pada setiap roda mobil tersebut. Secara singkat *2WD* mentransmisikan daya mesin hanya pada dua roda yang satu poros (shaft) pada kendaraan, sementara roda yang lainnya hanya akan mengikuti pergerakan dari kedua roda tersebut. Untuk *4WD*, daya mesin akan ditransmisikan ke empat roda dengan memindahkan daya pada poros roda depan dan roda belakang. Namun biasanya *4WD* hanya bersifat parsial atau sementara (*part time*). Sedangkan *AWD* bisa disebut dengan *full time 4WD*, dimana fungsi kerja roda dirancang untuk mampu menghadapi segala jenis permukaan jalan.^[11]

Sistem *four wheel* telah dikembangkan mulai dari tahun 1940. Dan pada saat itu diaplikasikan pada kendaraan-kendaraan militer yang sering menghadapi medan yang sulit. Meskipun pada awalnya sistem ini membutuhkan kemampuan pengemudi yang berada di atas rata-rata, namun dengan perkembangannya sistem ini mulai mudah untuk digunakan oleh semua pengemudi. Terdapat beberapa komponen utama yang digunakan pada transmisi 4wd, diantaranya adalah sebagai berikut,

2.4.1.1 *Differential*



Gambar 2. 7 *Front wheel differensial mazda cx5*

Differential (gambar 2.7) merupakan komponen pada *4WD* yang berfungsi untuk meneruskan torsi dari mesin menuju poros penggerak roda. Selain itu, *differential* dapat mengatur putaran pada roda ketika berbelok. Dimana pada kondisi berbelok, roda bagian dalam harus berputar dengan kecepatan yang lebih rendah dari pada roda bagian luar. Pada sistem *4WD*, *differential* ditempatkan diantara kedua roda belakang maupun roda depan. Jenis *differential* pun berbeda-beda, sesuai dengan desain kendaraan yang dipakai.

[11]

2.4.1.2 Transfer Case



Gambar 2. 8 *Transfer case*

Transfer Case (gambar 2.8) merupakan komponen yang berfungsi untuk membagi daya antara penggerak roda depan dengan penggerak roda belakang. Untuk kondisi berbelok, *ketika differential* mengatur kecepatan roda bagian dalam dan bagian luar, *transfer case* pada sistem 4WD mengunci penggerak depan dengan penggerak roda belakang sehingga menghasilkan kecepatan putar yang sama antara depan dan belakang. Pada *part-time four wheel drive*, kebanyakan *transfer case* dilengkapi dengan gear-gear tambahan yang memberikan *low range* pada kendaraan. Penambahan gear ini akan memberikan kendaraan torsi tambahan dan kecepatan yang sangat lambat.^[11]

Dalam penelitian ini, Posisi *shifting gear transfer case* berada pada posisi HL, sehingga distribusi daya oleh *transfer case* pada roda depan dan belakang 50:50.

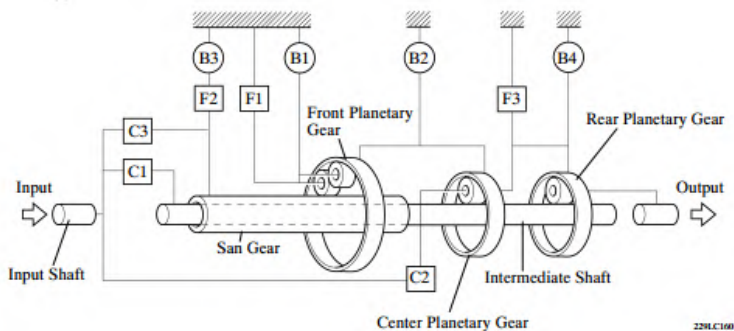
2.4.1.3 Locking hub



Gambar 2. 9 Locking hub

Locking hub (gambar 2.9) ini berada pada setiap roda. Ketika *four wheel drive* tidak digunakan, *locking hub* ini akan berfungsi sebagai pemutus roda depan dengan *differential*, *half shaft* (penggerak yang menghubungkan *differential* menuju *hub*) dan *driveshaft* (poros penggerak). Sehingga pada kondisi ini kendaraan sedang menggunakan sistem 2WD.^[11]

2.4.2 Komponen Penyalur Daya Jenis Automatic Transmission



Gambar 2. 10 Susunan komponen gearbox transmisi automatic

Komponen penyalur daya adalah sekelompok komponen kendaraan yang berfungsi untuk menyalurkan dan merubah daya dan torsi mekanis yang dihasilkan mesin menjadi gaya dorong atau gaya traksi yang terjadi pada bidang kontak roda penggerak dan jalan. Untuk dapat merubah dan menyalurkan daya dan torsi tersebut, umumnya komponen penyalur daya pada kendaraan terdiri dari: kopling, transmisi, poros-propeller, gardan, poros penggerak dan roda penggerak.^[3]

Pada umumnya, terdapat beberapa tingkat transmisi pada sebuah kendaraan. Hal ini bertujuan supaya torsi dan kecepatan puratan yang dikeluarkan oleh komponen penyalur daya sesuai dengan kebutuhan gaya dorong. Sebab, kebutuhan gaya dorong mobil berbeda bergantung pada kondisi lintasan yang dilalui.

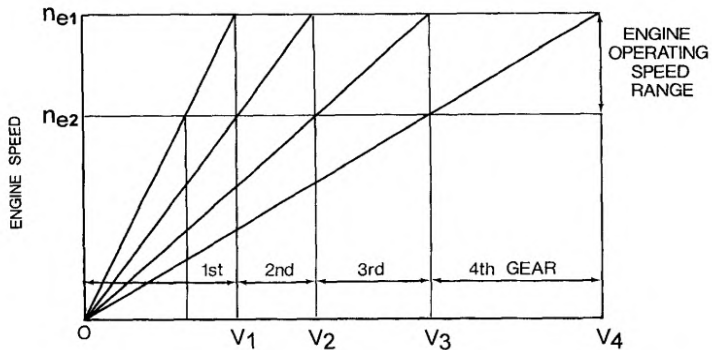
Secara umum, komponen penyalur daya pada kendaraan dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe manual (*manual transmission*) dan otomatis (*automatic transmission*). Pada *automatic transmission*, komponen penyalur daya secara otomatis akan memindahkan rasio gigi sesuai dengan traksi yang dibutuhkan roda dengan bantuan sensor serta aktuator berupa clutch dan brake seperti terlihat pada gambar 2.10.

2.5 Desain Tingkatan Gigi (Progresi Geometris)

Transmisi merupakan bagian dari sistem pemindah tenaga dari sebuah kendaraan, yaitu sistem yang berfungsi mengatur tingkat kecepatan dalam proses pemindahan tenaga dari sumber penggerak ke roda kendaraan.

Salah satu cara untuk mencari perbandingan gigi antara tingkat transmisi terendah dan tertinggi adalah dengan cara progresi geometris. Cara ini umumnya dipakai sebagai langkah iterasi awal. Batas kecepatan operasi dari mesin terendah (ne_1) dan tertinggi (ne_2) harus ditetapkan terlebih dahulu. Penetapan ini berdasarkan karakteristik torsi dari mesin, batas ini biasa dipilih disekitar torsi maksimum mesin. Konsep dari progresi geometris ditunjukkan pada

gambar 2.11, dimana menggambarkan transmisi dengan 4 tingkat kecepatan.



Gambar 2. 11 Grafik pemilihan perbandingan gigi dengan rasio geometri ^[3]

Berdasarkan gambar 2.11, dengan perbandingan geometris maka untuk transmisi 4 tingkat didapat hubungan perbandingan gigi sebagai berikut :

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{i_3}{i_2} = \frac{i_4}{i_3} = \frac{ne_2}{ne_1} = Kg \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana,

i_1, i_2, i_3, i_4 = perbandingan gigi pada tingkat transmisi I, II, III, IV

Kg = konstanta perbandingan

Langkah pertama untuk mendesain tingkat transmisi, harus ditentukan terlebih dahulu rasio transmisi pertama dan rasio transmisi terakhir kendaraan.

Untuk menentukan rasio transmisi pertama (I), dapat dihitung dengan rumus:

$$i_1 = \frac{F_1 \cdot r}{Me \cdot i_d \cdot \eta_t} \dots\dots\dots(2.21)$$

Kemudian, rasio transmisi pada tingkat terakhir (n) dirumuskan sebagai berikut :

$$i_n = \frac{F_n \cdot r}{M_e \cdot i_d \cdot \eta_t} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan demikian, nilai faktor Kg dapat ditentukan dengan rumus 2.20. Selanjutnya, nilai Kg tersebut digunakan untuk menentukan nilai i_2 , i_3 dst.

$$Kg = \left(\frac{i_n}{i_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} \dots\dots\dots (2.23)$$

2.6 Karakteristik Transmisi Kendaraan

Untuk memudahkan kita mengetahui karakteristik transmisi kendaraan, maka dibuat grafik untuk gaya dorong –kecepatan. Contoh grafik karakteristik kendaraan untuk suatu transmisi 4 tingkat ditunjukkan pada gambar 2.12 dibawah. Pada gambar tersebut ditunjukkan hambatan rolling (R_r) dan hambatan aerodinamik (R_a) yang terjadi pada kendaraan, serta gaya dorong total, gaya dorong bersih, dan gaya dorong maksimum yang dapat terjadi pada bidang kontak ban dan jalan dengan asumsi koefisien gesek tertentu.

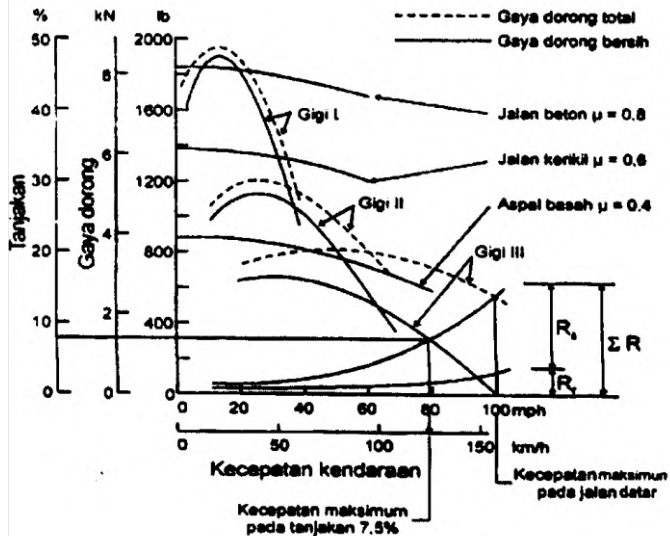
Gaya dorong bersih (F_n) yang dimaksudkan adalah gaya dorong total dikurangi hambatan rolling dan hambatan aerodinamika, dirumuskan sebagai berikut:

$$F_n = F - R_r - R_a \dots\dots\dots (2.24)$$

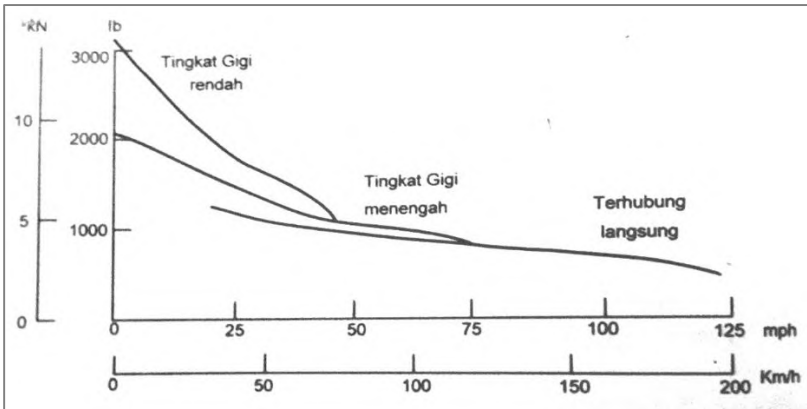
Disamping itu juga pada gambar tersebut ditunjukkan gradability sehingga besarnya kecepatan maksimum yang dapat dicapai kendaraan pada gradability tertentu pada jalan datar.

Selanjutnya, apabila kita tinjau grafik karakteristik traksi mobil *Automatic Transmission*, maka grafik nya akan cenderung lebih landai (gambar 2.13) dibandingkan *manual transmission*. Hal ini diakibatkan oleh adanya *torsion*

controller yang bisa mengatur torsi *output engine* sesuai dengan kebutuhan gaya dorong kendaraan.



Gambar 2. 12 Grafik karakteristik kinerja transmisi dari suatu kendaraan penumpang MT (*manual transmission*) ^[3]



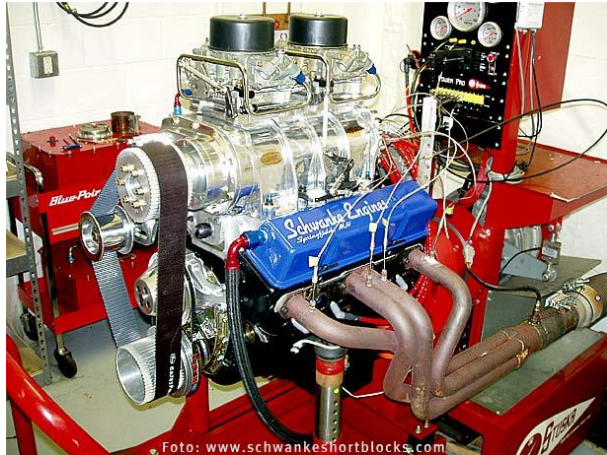
Gambar 2. 13 Grafik karakteristik kinerja transmisi dari suatu kendaraan penumpang AT (*automatic transmission*)^[3]

2.7 Dynotest

Dynotest merupakan suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (*torque*) dan kecepatan putaran (*rpm*) dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin, motor atau penggerak berputar lain. *Dynotest* dapat juga digunakan untuk menentukan tenaga dan torsi yang diperlukan untuk mengoperasikan suatu mesin.

Secara Umum, berdasarkan cara pengujiannya terdapat 2 jenis mesin *dynotest*. Pertama, jenis mesin *dyno* yang cara pengujiannya dilakukan dengan menyambungkan langsung shaft engine dengan mesin uji (*Engine dyno*) (gambar 2.14). Kedua, jenis mesin *dyno* yang cara pengujiannya dilakukan dengan mengukur F_t yang muncul pada roda kendaraan (*Chassis dyno*) Pengujian traksi dengan cara kedua ini ada yang dilakukan dengan menjalankan mobil pada roller (gambar 2.15) yang tersambung dengan mesin *dyno* sehingga besarnya F_t yang dihasilkan mobil dapat diukur. Namun, ada juga yang langsung menyambungkan poros

roda mobil dengan mesin dyno (gambar 2.16). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 14 *Engine dyno*



Gambar 2. 15 *Chassis dyno jenis roller*

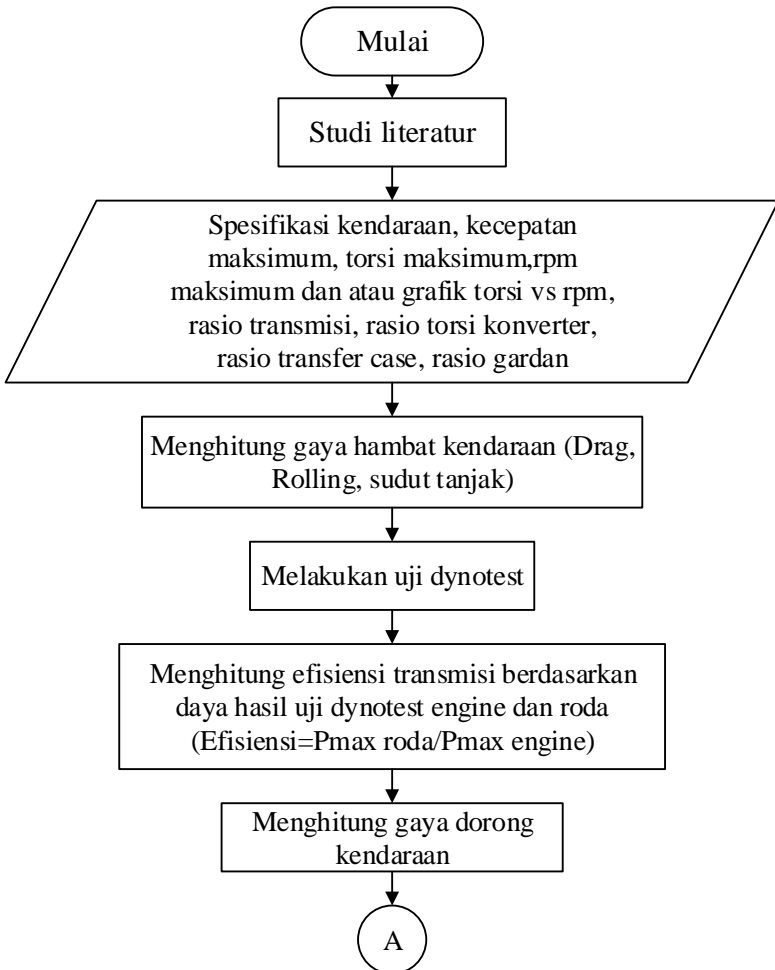


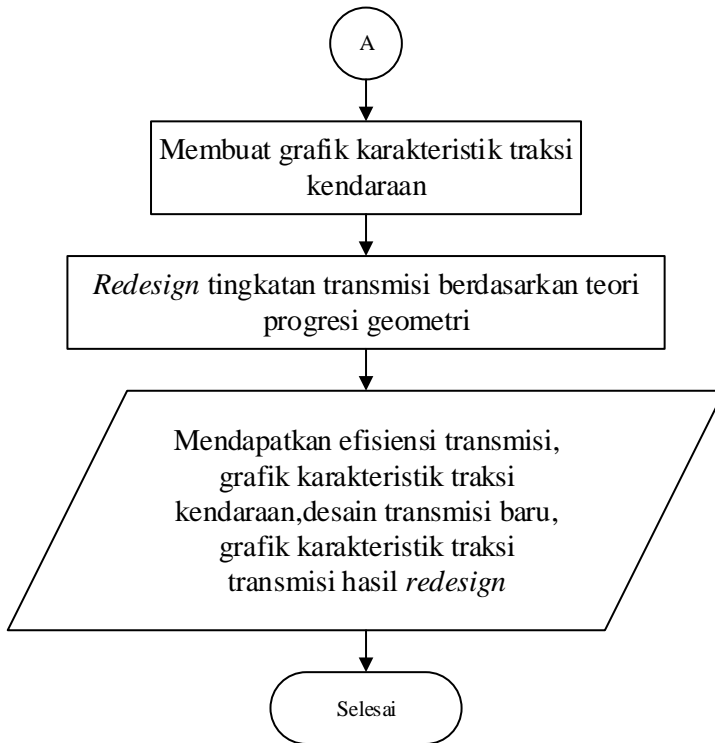
Gambar 2. 16 *Chassis dyno tersambung poros roda mobil*

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian

Berikut ini disajikan langkah-langkah penelitian dalam bentuk flowchart





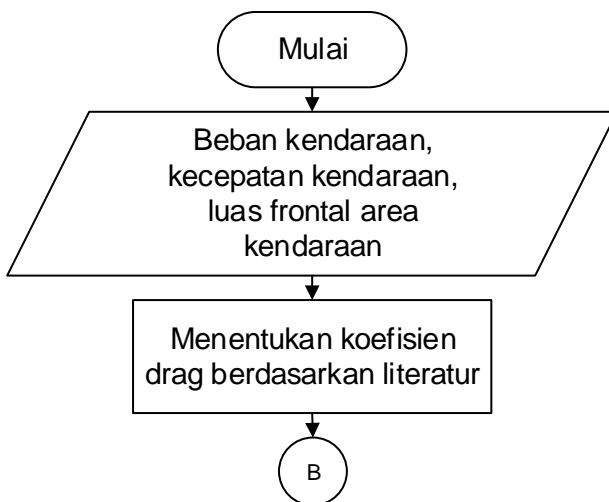
Pada penulisan tugas akhir ini, prosedur penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

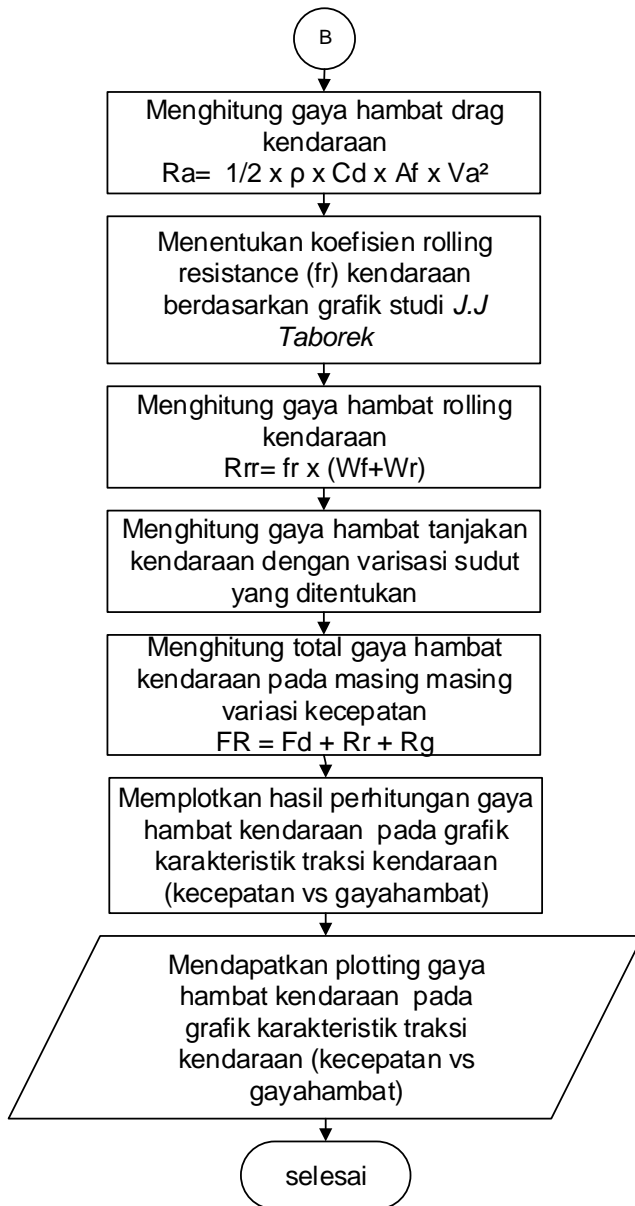
1. Tahap awal, melakukan analisa-analisa dengan sumber studi literatur terhadap buku, catalogue, jurnal dan penelitian terdahulu mengenai karakteristik kendaraan
2. Tahap berikutnya adalah mencari data dan spesifikasi mobil Toyota Fortuner V 4.0 SR
3. Tahap ketiga adalah penentuan variabel-variabel yang dipakai dalam melakukan analisa dan perhitungan sebagai batasan dari penelitian

4. Tahap keempat, melakukan perhitungan gaya hambat yang terjadi pada mobil berdasarkan data dan variabel yang didapatkan pada beberapa tingkat kecepatan
5. Tahap kelima, yaitu melakukan pengujian dynotest untuk mendapatkan efisiensi transmisi dan efisiensi komponen penyalur daya lainnya
6. Tahap keenam, membuat perhitungan gaya dorong pada masing-masing tingkat transmisi dengan efisiensi yang telah didapatkan dari pengujian dynotest
7. Tahap ketujuh, memplot hasil perhitungan gaya dorong dan gaya hambat pada grafik karakteristik traksi
8. Tahap kedelapan, mengevaluasi dan membuat ancangan tingkat transmisi berdasarkan teori progresi geometris
9. Menyusun saran dan rekomendasi rasio tingkat transmisi agar lebih efisien

3.2 Flow Chart Perhitungan

3.2.1 Flowchart perhitungan gaya hambat kendaraan

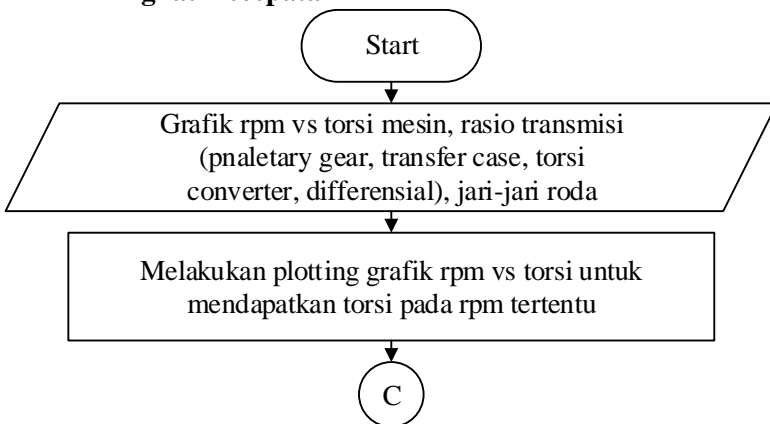


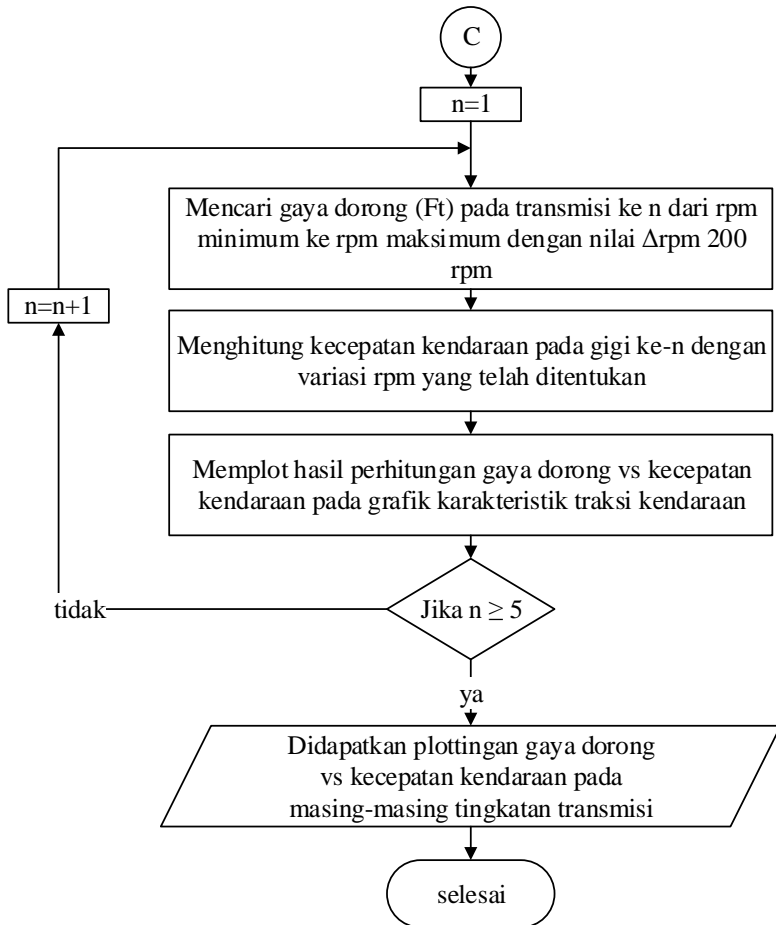


Langkah-langkah perhitungan gaya hambat kendaraan

1. Menentukan variasi kecepatan kendaraan yang diinginkan, serta menghitung luas area frontal kendaraan
2. Menentukan koefisien drag berdasarkan literatur
3. Menghitung gaya hambat aerodinamis kendaraan dengan rumus 2.1
4. Menentukan koefisien rolling resistance ban berdasarkan tekanan ban kendaraan
5. Menghitung gaya hambat rolling kendaraan dengan variasi sudut tanjakan yang berbeda
6. ($R_r = f_r W$ pada kondisi jalan datar ; $R_r = f_r W \cos \theta$ pada kondisi tanjakan)
7. Menghitung gaya hambat tanjakan kendaraan dengan beberapa variasi sudut tanjak
8. Menghitung gaya hambat total kendaraan

3.2.2 Flowchart perhitungan gaya dorong kendaraan 5 Tingkat Kecepatan



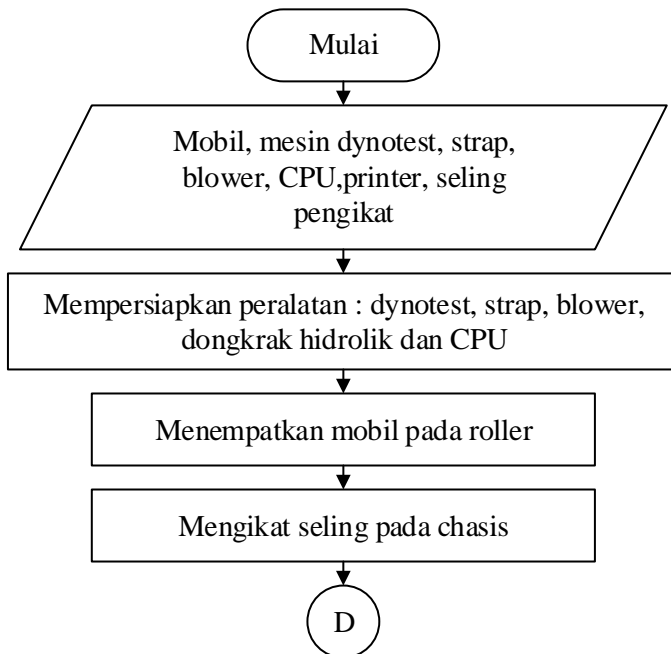


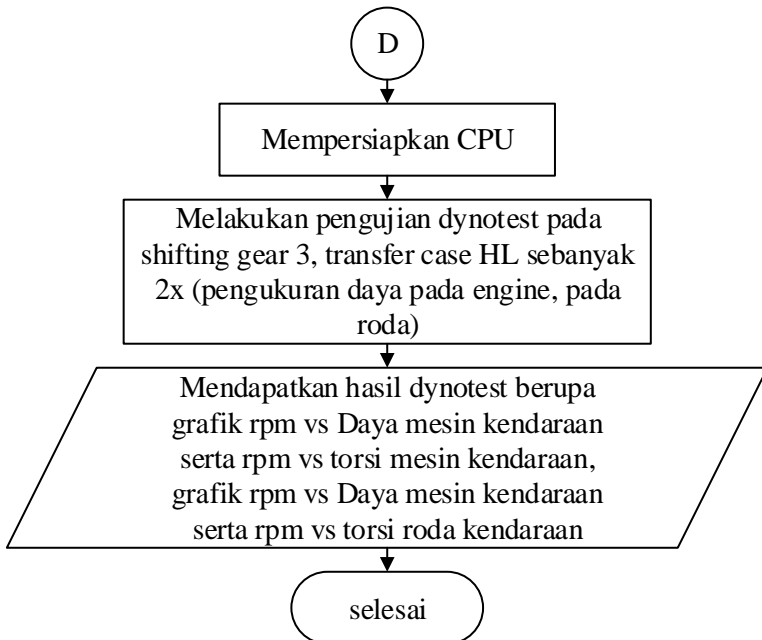
Langkah-langkah perhitungan gaya dorong kendaraan,

1. Mencari nilai Grafik rpm vs torsi mesin, rasio transmisi (planetary gear, transfer case, torsi converter, differensial), jari-jari roda sebagai data acuan
2. Selanjutnya memplotting gradik rpm vs torsi yang telah di dapatkan untuk menentukan besarnya torsi mesin pada masing-masing kecepatan sudut (rpm) mesin dengan variasi (Δ rpm 200)

3. Menghitung besarnya gaya dorong kendaraan untuk masing-masing variasi kecepatan sudut kendaraan (rpm)
4. Menghitung besarnya kecepatan kendaraan untuk masing-masing kecepatan sudut mesin (rpm)
5. Melakukan plotting hasil perhitungan kecepatan kendaraan (V_k) vs gaya dorong (F_t) pada grafik karakteristik transmisi kendaraan
6. Mengulangi perhitungan gaya dorong (F_t) dan kecepatan kendaraan (V_k) pada tingkatan transmisi 2,3,4 dan 5, kemudian memplotting pada grafik karakteristik transmisi kendaraan
7. Mendapatkan plottingan gaya dorong (F_t) vs kecepatan kendaraan (V_k) pada masing-masing tingkat transmisi kendaraan

3.2.3 Flowchart kegiatan *dynotest*

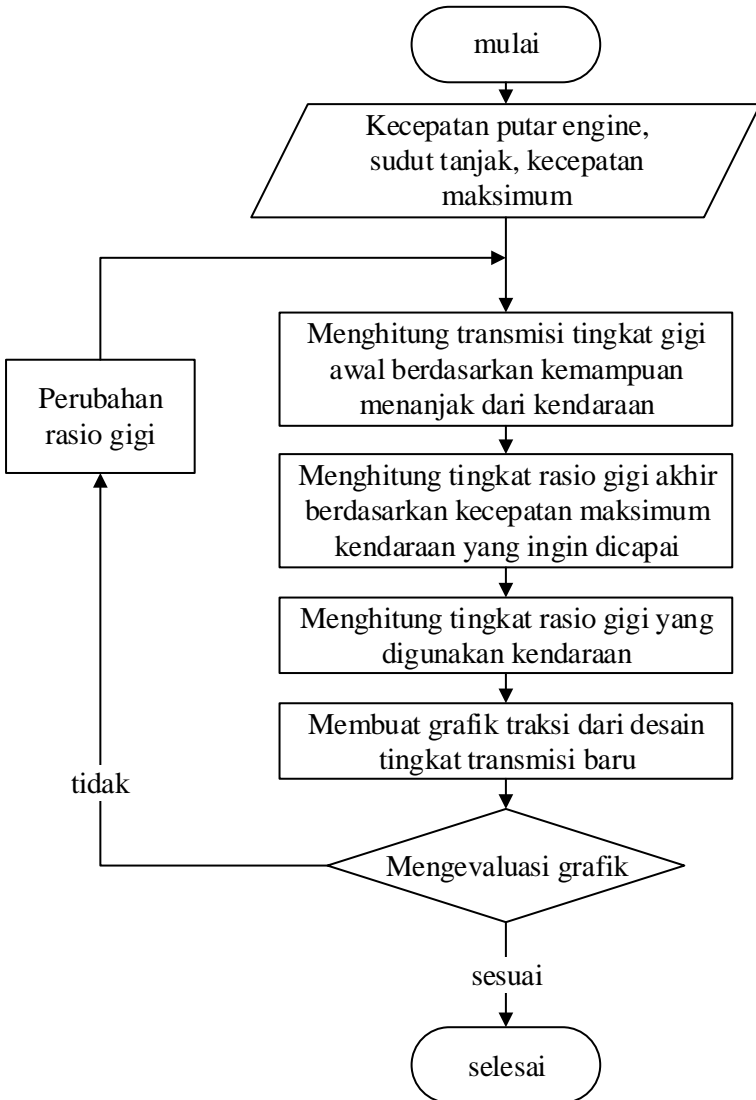




Langkah-langkah *dynotest*,

1. Persiapan peralatan, antara lain : *dyno test bed strap, blower* dan *CPU*
2. Mempersiapkan mobil diatas *dyno test*
3. Mempersiapkan mobil dengan cara memarkir mobil, kemudian memasang memasang 6 buah tali pengikat pada chassis.
4. Menjalankan mobil beberapa saat diatas roler dynotest untuk mendapatkan kondisi operasional mesin
5. Melakukan *dyno test* pertama, kondisi Shifting gear 3 transercase H untuk mendapatkan data dynotest pada engine
6. Melakukan *dyno test* kedua, kondisi Shifting gear 3 transercase H untuk mendapatkan data dynotest pada roda
7. Mendapatkan 2 buah grafik hasil pengujian dynotest (grafik rpm vs Daya mesin kendaraan serta rpm vs gaya dorong kendaraan).

3.2.4 Flowchart perhitungan rasio dan tingkat gigi transmisi



Langkah-langkah perhitungan rasio tingkat transmisi

1. Menentukan sudut maksimum kendaraan yang akan dilalui
2. Menghitung rasio transmisi awal, desain harus dapat melewati sudut tanjakan maksimum dengan rumus 2.18 seperti berikut

$$i_1 = \frac{F_1 \cdot r}{Me \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

dimana, saat kondisi menanjak besarnya

$$F_1 = W \cdot \sin \theta_{\text{maks}} + f_r \cdot W$$

3. Menentukan rasio gigi terakhir, desain harus dapat menahan gaya hambat angin (*drag force*) yang timbul. Perhitungan menggunakan rumus 2.19 berikut,

$$i_n = \frac{F_n \cdot r}{Me \cdot i_d \cdot \eta_t}$$

4. dimana, saat kondisi kecepatan maksimum besarnya

$$F_n = f_r \cdot W + \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2$$

5. Menyesuaikan rasio gigi dari perhitungan yang telah dilakukan dengan gaya dorong.

BAB 4

PERHITUNGAN DATA DAN ANALISA

4.1 Spesifikasi Mobil

4.1.1 Informasi Umum

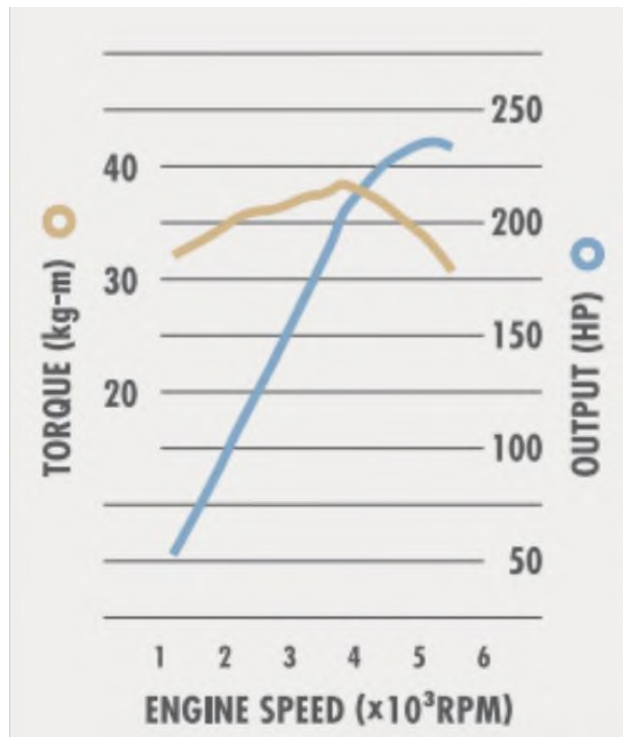
Berikut ini disajikan beberapa informasi mengenai spesifikasi mobil Toyota Fortuner V4.0 SR.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Toyota Fortuner V6 4.0 SR

MODEL/ <i>TYPE</i>	Kode/Bagian	Keterangan
MODEL	GGN50L – EKA SKG	
ENGINE	IGR-FE	3956 mL (cm ³)
FRAME NO	MHFYU59G7E7027 865	
TRANS	040 LM40	
PLANT	A750F B04A	
CAR NAME	Z37	
	<i>Dimensi/ Dimension</i>	
Panjang (mm)		4.695
Lebar (mm)		1.840
Tinggi (mm)		1.850
Jarak sumbu (mm)		2.750
Jarak terendah (mm)		220
Jarak pijak mm	Depan	1.540
	Belakang	1.540
Berat Kendaraan	1865.5 kg	
	<i>Sasis/ Chassis</i>	
Sistem Penggerak Roda	<i>Part-time 4WD</i>	

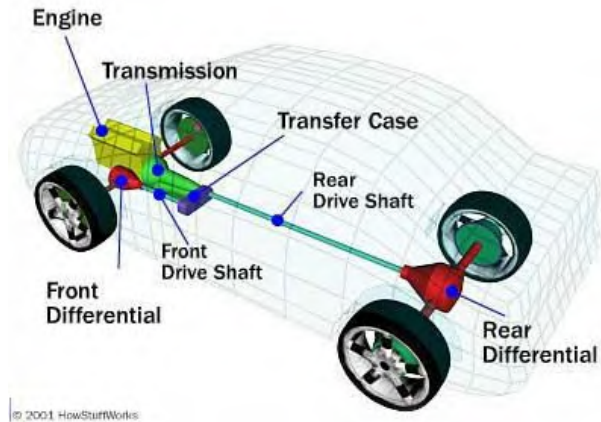
Transmisi	<i>Automatic Transmission 5 tingkat kecepatan</i>	
Perbandingan gigi (<i>5 Speed-Automatic Transmission</i>)	1 st	3.520
	2 nd	2.042
	3 rd	1.400
	4 th	1.000
	5 th	0.716
	reverse	3.224
	final gear	3.583
Torque Converter Ratio	3-Element, 1-Step, 2-Phase	1.8
Suspensi	Depan	Double Wishbone dengan Pegas Koil dan Stabilizer
	Belakang	4 Link dengan <i>Lateral Rod</i> dan Pegas Koil
Sistem Rem	Depan	Cakram Berventilasi
	Belakang	Tromol
	Sistem Tambahan	ABS & EBD
Ban/ <i>Tire</i>	265/65/R/17/112/S	Bridgestone Dueler H/T 840
	<i>Mesin/Engine</i>	
Jumlah Silinder	6 Silinder, V <i>type</i>	

Mekanisme Valve	24 valve DOHC, Chain Drive (dengan VVT-i)	
Jenis Bahan Bakar	Bensin	
Daya Maksimum	235 Hp	5200 rpm
Torsi Maksimum	38,3 kg-m (376 N-m)	3800 rpm
Koefisien Drag (Cd)	0.38	
Luasan Frontal Area (Af)	2.48 m ²	



Gambar 4. 1 Grafik Performa mesin 1 GR-FE [8]

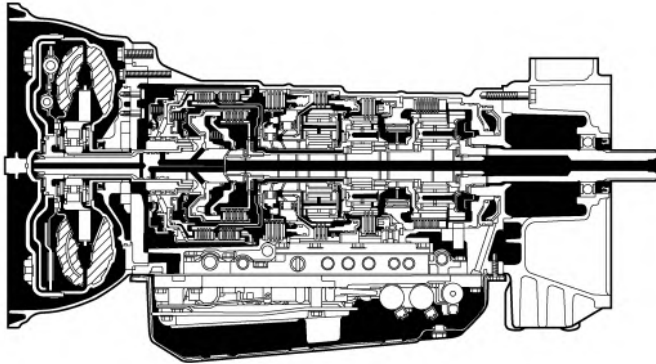
4.1.2 Transmisi Mobil Fortuner



Gambar 4. 2 Skema transmisi mobil 4WD ^[12]

Mobil keluaran pabrikan Toyota ini mengusung sistem transmisi *full time 4 Wheel Drive* dengan tipe transmisi *Automatic*. Jenis transmisi ini menjadi transmisi yang dominan digunakan kendaraan di Amreika saat ini (EPA 2014). Toyota menyematkan transmisi automatic dengan kode produksi A750F. Transmisi ini sudah dilengkapi dengan fitur super ECT (*Electronically Controlled Transmission*)^[7]. Dengan demikian, proses penggantian gigi berlangsung secara otomatis sesuai kebutuhan kendaraan berdasarkan perintah dari ECU. Gambar 4.1 menunjukkan urutan penyaluran daya pada mobil Fortuner.

Planetary gear A750F (gambar 4.2) sendiri merupakan transmisi yang baru-baru ini dikembangkan dan mengadopsi *teknologi* super ECT (*Electronically Controlled Transmission*). Kemampuan menghemat konsumsi bahan bakar dan performa berkendara telah ditingkatkan dengan menggunakan 5 tingkat kecepatan.^[7]



229LC170

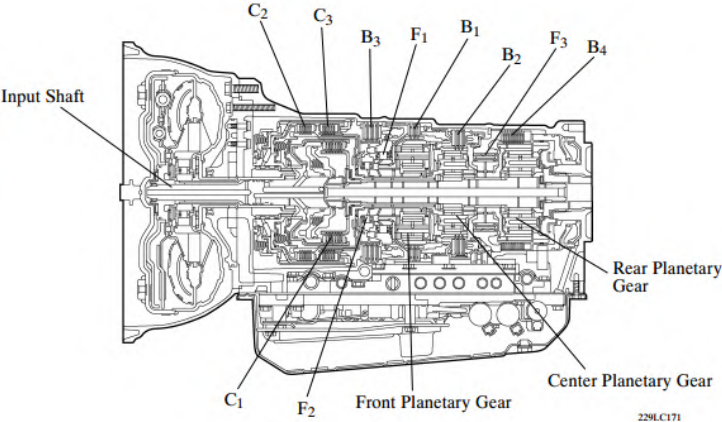
Gambar 4. 3 Skema Planetary Gear A750F ^[7]

Spesifikasi detail planetary gear *A750F* dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut,

Tabel 4. 2 Spesifikasi *Planetary Gear A750F*^[7]

Model		'03 Model	'02 Model
Transmission Type		A750F	A343F
Gear Ratio	1st	3.520	2.804
	2nd	2.042	1.531
	3rd	1.400	1.000
	4th	1.000	0.754
	5th	0.716	—
	Reverse	3.224	2.393
Fluid Capacity Liters (US qts, Imp. qts)		10.8 (11.4, 9.5)	12.0 (12.7, 10.6)
Fluid Type		ATF Type T-IV	ATF D-II or equivalent
Dry Weight kg (lb)		79.9 (176.1)	78.6 (173.3)

Dalam penggunaanya, terdapat beberapa mekanisme perpindahan *clutch* pada sistem planetary gear ditunjukkan pada gambar 4.3 dan tabel 4.3.



Gambar 4. 4 Detail komponen *planetary gear* A750F ^[7]

Tabel 4. 3 *Transmission shifting gear* A750F ^[7]

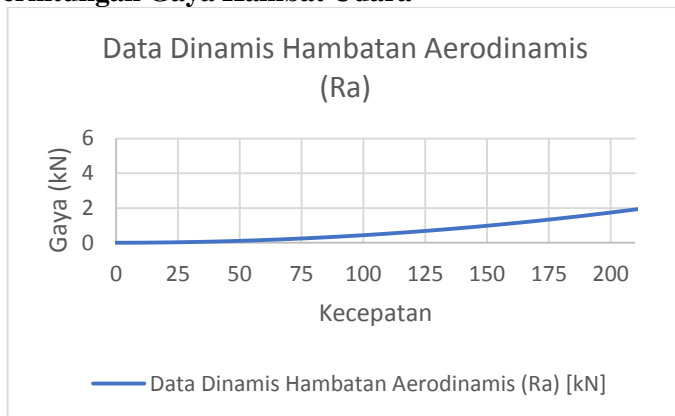
Shift Lever Position	Gear	Solenoid Valve						Clutch			Brake				One-way Clutch		
		S1	S2	SR	SL1	SL2	SLU	C ₁	C ₂	C ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	F ₁	F ₂	F ₃
P	Park	ON				ON											
R	Reverse*	ON				ON				○	○				○	○	
N	Neutral	ON				ON											
D	1st	ON				ON		○									○
	2nd	ON	ON			ON		○					○		○	○	
	3rd		ON			ON		○		○			●		○		
	4th					ON	ON	○	○	●			●				
	5th			ON	ON		ON		○	○	○		●				
4	1st	ON				ON		○									○
	2nd	ON	ON			ON		○					○		○	○	
	3rd		ON			ON		○		○			●		○		
	4th					ON	ON	○	○	●			●				
3	1st	ON				ON		○									○
	2nd	ON	ON			ON		○					○		○	○	
	3rd*		ON					○		○	○		●				
2	1st	ON				ON		○									○
	2nd*	ON	ON	ON				○				○	○				
L	1st*	ON						○						○			

○: Operation
●: Operate but is not related to power transmission
*: with Engine Brake

4.2 Perhitungan Kebutuhan Gaya Dorong Kendaraan

Kebutuhan gaya dorong *kendaraan* ditentukan berdasarkan tinjauan beban yang dialami kendaraan, yaitu beban saat kendaraan berjalan dalam kondisi lurus yang terdiri dari gaya hambat udara, gaya hambat angin dan gaya hambat *rolling*, serta saat kendaraan dalam kondisi menanjak. Perhitungan gaya dorong digunakan untuk mengetahui kecepatan serta percepatan yang mampu dihasilkan kendaraan saat beroperasi.

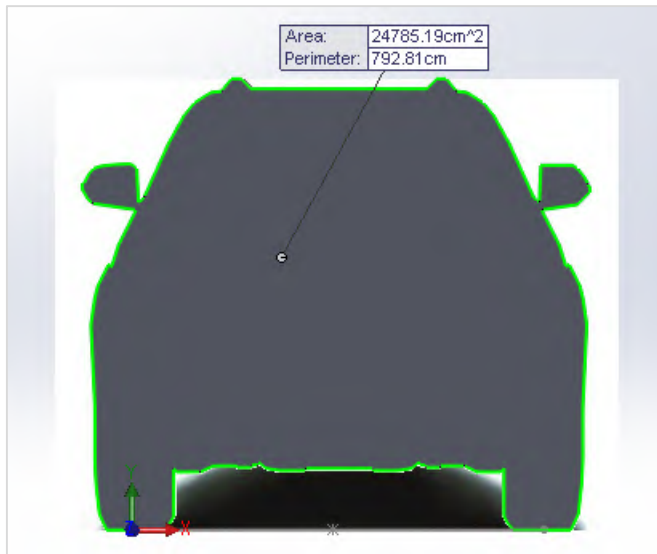
4.2.1 Perhitungan Gaya Hambat Udara



Gambar 4. 5 Grafik Gaya hambat udara mobil Fortuner

Grafik 4.2 menunjukkan hasil perhitungan gaya hambat udara (*drag*) kendaraan saat melaju pada kecepatan *tertentu*. Gaya hambat udara diatas didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa luasan penampang *frontal* kendaraan (A_f) yang di dihitung menggunakan software CAD (gambar 4.4) sebesar 2.47 m^2 , koefisien *drag* (C_d) dari jenis kendaraan (berdasarkan data resmi Toyota sebesar 0.38) serta kecepatan kendaraan yang divariasikan dari kecepatan 0 sampai 210 km/jam. Sementara, variabel tetap

berupa massa jenis udara (ρ) sebesar 1.2 kg/m^3 . Melalui persamaan gaya hambat udara (rumus 2.1) akan didapatkan besarnya gaya hambat sebagai fungsi dari kecepatan kendaraan.



Gambar 4. 6 perhitungan frontal area kendaraan

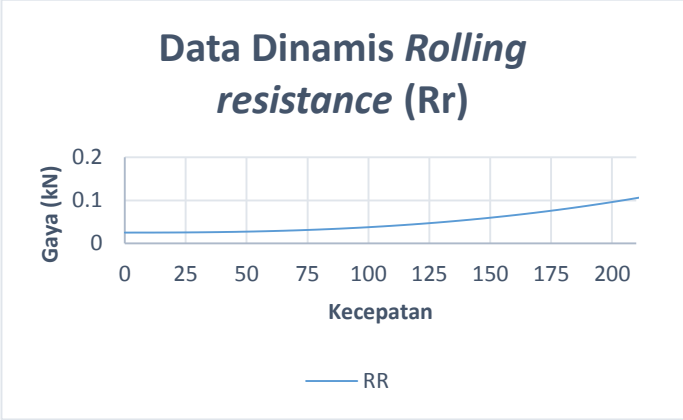
Berikut ini hasil *perhitungan* gaya hambat angin kendaraan disajikan dalam bentuk data table 4.4,

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan gaya hambat angin

Kecepatan Kendaraan (Va) [km/h]	Kecepatan Kendaraan (Va) [m/s]	Hambatan Aerodinamis (Ra) [N]	Hambatan Aerodinamis (Ra) [kN]
0	0.00	0.00000	0.00000
10	2.78	4.34537	0.00435
20	5.56	17.38148	0.01738
30	8.33	39.10833	0.03911
40	11.11	69.52593	0.06953

50	13.89	108.63426	0.10863
60	16.67	156.43333	0.15643
70	19.44	212.92315	0.21292
80	22.22	278.10370	0.27810
90	25.00	351.97500	0.35198
100	27.78	434.53704	0.43454
110	30.56	525.78981	0.52579
120	33.33	625.73333	0.62573
130	36.11	734.36759	0.73437
140	38.89	851.69259	0.85169
150	41.67	977.70833	0.97771
160	44.44	1112.41481	1.11241
170	47.22	1255.81204	1.25581
180	50.00	1407.90000	1.40790
190	52.78	1568.67870	1.56868
200	55.56	1738.14815	1.73815
210	58.33	1916.30833	1.91631

4.2 2 Perhitungan Gaya Hambatan *Rolling* (R_r)



Gambar 4. 7 Grafik Gaya hambat *rolling* kendaraan

Grafik 4.3 menunjukkan hasil perhitungan gaya hambat *rolling* kendaraan saat melaju pada kecepatan tertentu. Gaya hambat *rolling* didapat dari input data variabel bebas kendaraan berupa koefisien *rolling* yang berbeda pada tiap tingkat kecepatan, yang diperoleh dari tabel hasil uji JJ. Taborek^[3]. Besarnya koefisien ini juga bergantung pada jenis ban dan tekanan dari ban (rumus 2.2), pada ban bertekanan 30 psi nilai f_o sebesar 0.01 dan f_s sebesar 0.005 (didapat dari gambar 2.4). Besarnya gaya hambat *rolling* merupakan hasil perkalian antara koefisien hambatan *rolling* dengan gaya normal kendaraan (rumus 2.4).

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin besar kecepatan kendaraan maka semakin besar pula *hambatan rolling* yang muncul. Berikut ini hasil perhitungan gaya hambat *rolling* kendaraan disajikan dalam bentuk data tabel,

Tabel 4. 5 Hasil perhitungan *rolling resistance*

Kecepatan Kendaraan (V_a) [km/jam]	f_r (koefisien rolling)	R_{rr} [N]	R_{rr} [kN]
--	---------------------------------	--------------	------------------

0	0.01000	18.65500	0.01866
10	0.01002	18.68450	0.01868
20	0.01009	18.82186	0.01882
30	0.01025	19.11480	0.01911
40	0.01051	19.59888	0.01960
50	0.01088	20.30388	0.02030
60	0.01139	21.25602	0.02126
70	0.01205	22.47893	0.02248
80	0.01286	23.99437	0.02399
90	0.01384	25.82256	0.02582
100	0.01500	27.98250	0.02798
110	0.01635	30.49215	0.03049
120	0.01789	33.36858	0.03337
130	0.01963	36.62813	0.03663
140	0.02160	40.28644	0.04029
150	0.02378	44.35857	0.04436
160	0.02619	48.85905	0.04886
170	0.02884	53.80194	0.05380
180	0.03173	59.20086	0.05920
190	0.03488	65.06903	0.06507
200	0.03828	71.41931	0.07142
210	0.04195	78.26423	0.07826

4.2 3 Perhitungan Gaya Hambat Tanjakan

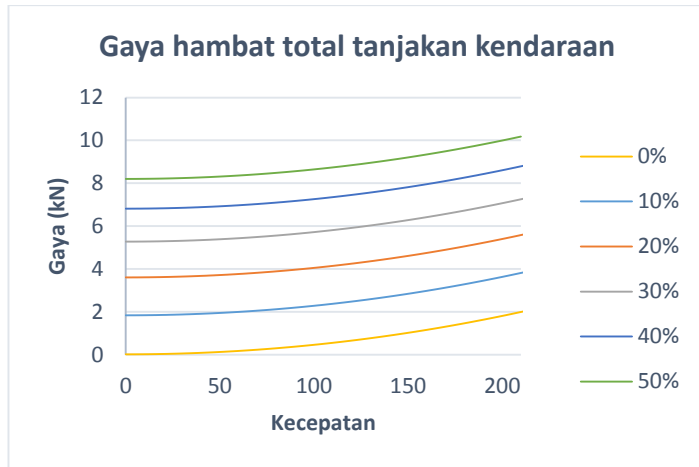
Gaya hambat ketika mobil menanjak merupakan akumulasi dari gaya hambat total saat melaju pada tanjakan dengan nilai gradeability tertentu (rumus 2.7). Pada penelitian ini, perhitungan gradeability dilakukan pada 0-50 % kemiringan. Gaya tanjak sendiri nilainya berbanding lurus dengan sinus dari sudut tanjakan. Besarnya gaya tanjak

merupakan hasil perkalian antara berat kendaraan dengan sinus sudut tanjak yang dilalui kendaraan (rumus 2.5). Tabel 4.6 menampilkan hasil perhitungan gaya hambat tanjak mobil pada masing-masing kemiringan,

Tabel 4. 6 Gaya tanjak kendaraan pada kemiringan tertentu

Gradeability	Sudut Tanjak(degree)	Gaya tanjak (kN)
0	0.000	0.000
10	5.711	1.821
20	11.310	3.589
30	16.700	5.259
40	21.801	6.797
50	26.565	8.184

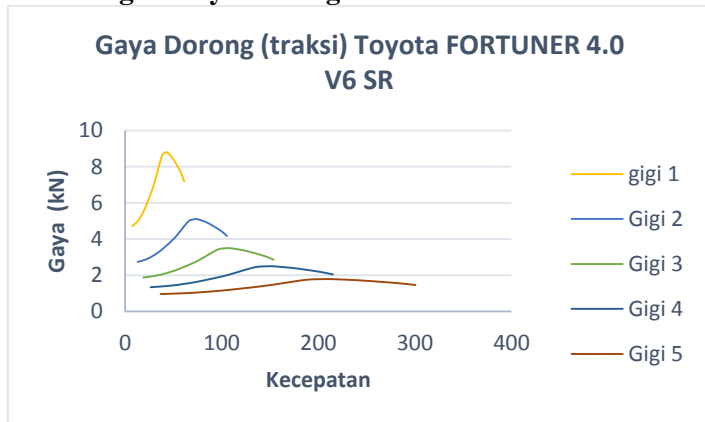
Besarnya gaya hambat tanjak pada setiap kemiringan bernilai konstan. Setelah mendapatkan gaya tanjak, maka selanjutnya pada masing-masing kemiringan nilai gaya tanjak diakumulasikan dengan gaya hambat angin dan *rolling resistance* menjadi gaya hambat total tanjakan. *Grafik 4.4* memperlihatkan gaya hambat total (Ft) saat kendaraan melaju pada tanjakan untuk masing-masing *gradeability*.



Gambar 4. 8 Grafik Gaya hambat total tanjakan kendaraan

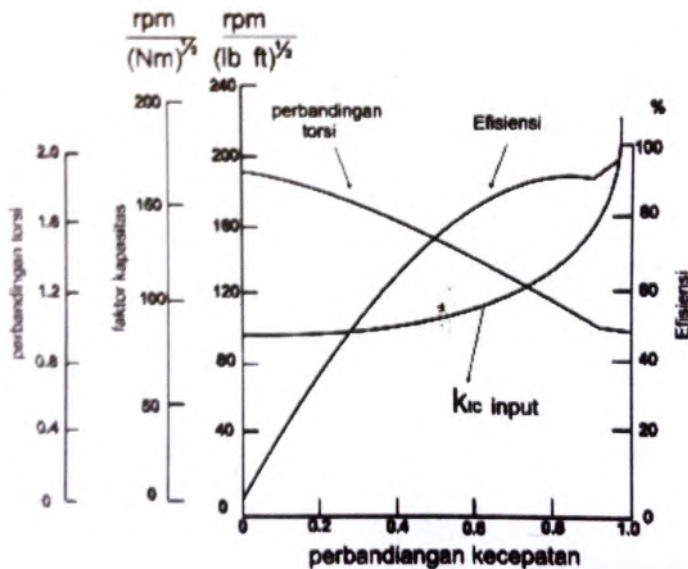
Dari *grafik* 4.4 terlihat bahwa semakin besar nilai kemiringan dari tanjakan, maka akan semakin besar pula gaya hambat yang dialami kendaraan seiring bertambahnya kecepatan kendaraan.

4.2 4 Perhitungan Gaya Dorong Mobil Standar Pabrik



Gambar 4. 9 Grafik Gaya dorong (traksi) kendaraan standar

Grafik 4.5 menunjukkan besarnya gaya dorong yang dihasilkan kendaraan pada masing-masing tingkatan transmisi. Dalam melakukan perhitungan gaya dorong (rumus 2.14), nilai rasio gigi (i_t), rasio gardan (i_g), torsi mesin (M_e), jari-jari roda (r), serta rasio transfer case (i_{tc}) menggunakan spesifikasi data yang dikeluarkan oleh Toyota seperti yang tercantum pada tabel 4.1.



Gambar 4. 10 Grafik Karakteristik kinerja torsi konverter

Selanjutnya, untuk *nilai* rasio (ctr) dan efisiensi (η) torsi konverter diperoleh dari grafik karakteristik torsi converter diatas (grafik 4.6). Untuk mencari ctr dan η torsi converter, pertama diasumsikan nilai kapasitas mesin (K_e) sama dengan nilai kapasitas torsi converter (K_{tc}),

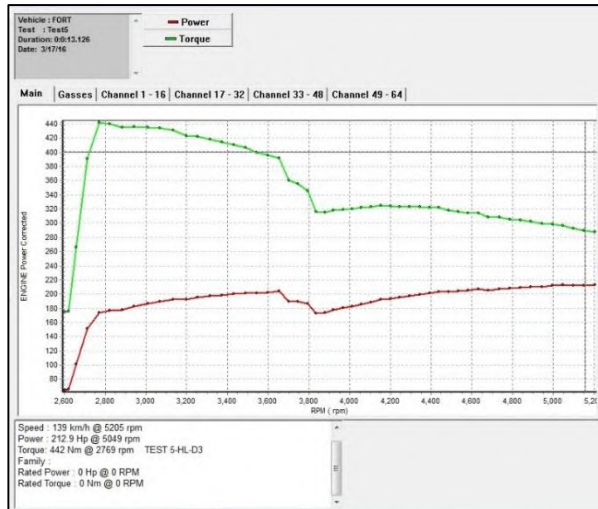
$$K_e = \frac{ne}{\sqrt{Me}}$$

Dimana ne dan Me adalah putaran dan torsi mesin. Berikutnya, setelah didapat *faktor* kapasitas pada masing-masing putaran mesin dilakukan plotting nilai K_{tc} pada grafik 4.6 menggunakan bantuan software agar nilai absis dan ordinat yang didapatkan akurat, sehingga didapatkan data rasio (ctr) dan efisiensi (η) torsi converter hasil plottingan yang ditabelkan seperti tabel 4.7 berikut,

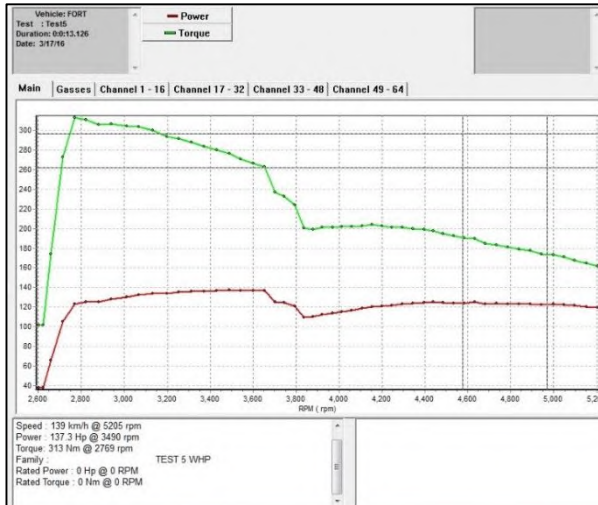
Tabel 4. 7 Kinerja Torsi Konverter

KINERJA TORSI KONVERTER						
Ne	Me	Ke	Nilai Ktc	Nilai efisiensi	Nilai Csr	Nilai Ctr
1600	329.96	88.081	88.081	0.515	0.4021	1.229
1800	337.13	98.033	98.033	0.568	0.6167	1.151
2000	345.23	107.64	107.64	0.620	0.7293	1.101
2200	349.47	117.68	117.68	0.675	0.81	1.077
2400	353.22	127.69	127.69	0.726	0.867	1.067
2600	354.81	138.02	138.02	0.781	0.9089	1.062
2800	357.13	148.16	148.16	0.835	0.9396	1.062
3000	361.92	157.69	157.69	0.886	0.9553	1.062
3200	366.17	167.22	167.22	0.936	0.969	1.062
3400	369.53	176.86	176.86	0.977	0.9764	1.062
3600	374.27	186.08	186.08	0.977	0.9764	1.062
3800	375.81	196.01	196.01	0.977	0.9764	1.062
4000	371.46	207.5	207.5	0.977	0.9764	1.062
4200	366.17	219.48	219.48	0.977	0.9764	1.062
4400	359.50	232.06	232.06	0.977	0.9764	1.062
4600	350.96	245.54	245.54	0.977	0.9764	1.062
4800	341.70	259.66	259.66	0.977	0.9764	1.062
5000	332.28	274.29	274.29	0.977	0.9764	1.062
5200	320.81	290.31	290.31	0.977	0.9764	1.062
5400	306.93	308.22	308.22	0.977	0.9764	1.062

Sedangkan nilai efisiensi transmisi dicari melalui grafik hasil pengujian *dynotest* berikut (grafik 4.7 dan 4.8).



Gambar 4. 11 Grafik power & torsion on engine hasil uji dynotest



Gambar 4. 12 Grafik power & torsion on wheel hasil uji dynotest

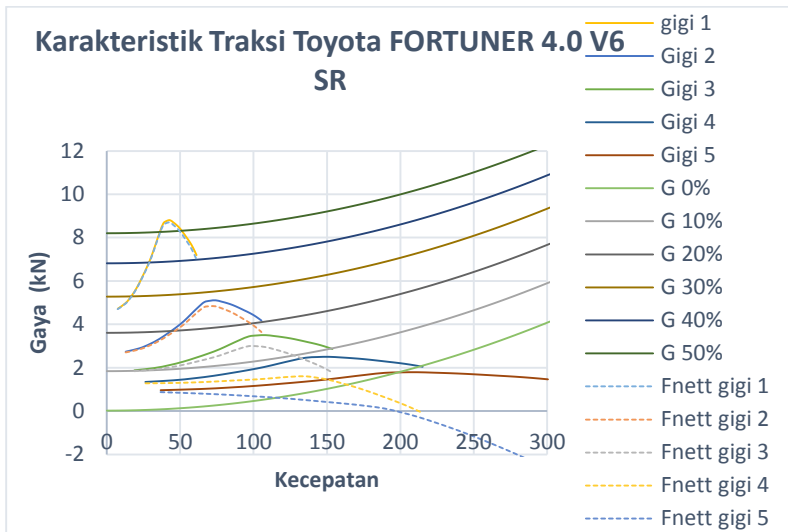
Besarnya efisiensi transmisi (η_t) diperoleh dengan membandingkan nilai power maksimum *pada* roda (grafik 4.8) dengan power maksimum pada engine (grafik 4.7) pada tiap-tiap tingkatan transmisi. Pada grafik hasil *dynotest*, tingkatan transmisi 1,2 dan 3 ditentukan berdasarkan lonjakan torsi pada grafik. Akan tetapi dikarenakan data yang dihasilkan pengujian *dynotest* hanya menghasilkan 3 tingkatan transmisi, sedangkan efisiensi yang dibutuhkan untuk perhitungan gaya dorong adalah efisiensi pada semua tingkatan, maka nilai efisiensi pada tingkat transmisi 4 dan 5 diasumsikan mendekati nilai efisiensi pada tingkat transmisi 3. Sehingga akhirnya di dapatkan nilai efisiensi seperti tabel 4.8 berikut,

Tabel 4. 8 Efisiensi drivetrain pada masing-masing tingkat transmisi

Tingkat gigi	Efisiensi (%)	Pada rpm
gigi 1	69.44	2800
gigi 2	67.80	3200
gigi 3	56.36	5200
gigi 4	56.36	-
gigi 5	56.36	-

Setelah semua variable rumus didapatkan, barulah dilakukan perhitungan gaya dorong pada masing-masing tingkat kecepatan, *mulai* gigi 1 sampai ke 5 pada range putaran mesin 1600 sampai 5200 rpm dengan Δ rpm sebesar 200 rpm. Sehingga dihasilkan data Gaya dorong versus kecepatan sesuai grafik 4.5 (tabel perhitungan gaya dorong terdapat pada lampiran).

4.3 Karakteristik Traksi Kendaraan Kondisi Standar

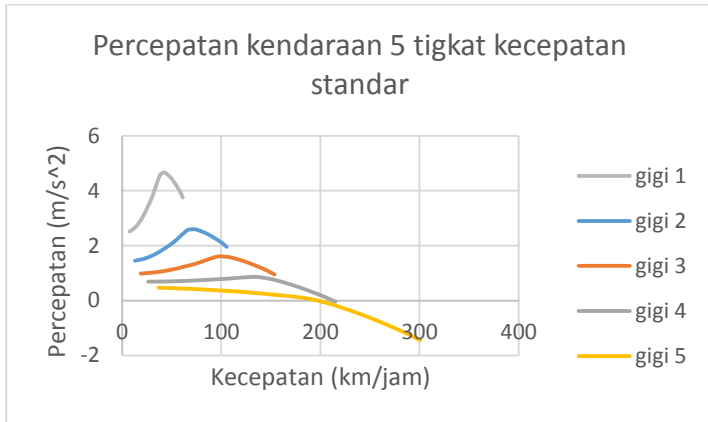


Gambar 4. 13 Grafik Karakteristik traksi Fortuner standar

Setelah melakukan perhitungan *gaya* hambat total dan *gaya* dorong kendaraan, kedua grafik di plotkan menjadi satu (grafik 4.9). Berdasarkan grafik 4.9 diatas dapat diperoleh beberapa informasi mengenai kinerja yang mampu dihasilkan oleh kendaraan, seperti traksi yang dihasilkan kendaraan, kecepatan maksimum yang mampu ditempuh, tanjakan maksimum yang mampu dilalui, serta percepatan yang mampu dihasilkan pada masing-masing gigi.

Pada grafik 4.9 terlihat bahwa pada tingkat gigi pertama besarnya traksi maksimum untuk tingkat gigi pertama sebesar 8.80475 Nm pada 3800 rpm sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan *gradeability* sebesar 50%. Untuk tingkat gigi kedua, nilai traksi maksimum nya sebesar 5.107 kN , pada tingkat gigi ketiga sebesar 3.5019 kN, pada tingkat gigi keempat sebesar 2.5013 kN dan pada tingkat gigi kelima sebesar 1.791 kN. Besarnya percepatan yang

mampu dicapai kendaraan dapat disajikan dalam bentuk seperti grafik 4.10.



Gambar 4. 14 Grafik Percepatan kendaraan 5 tingkat kecepatan standar

Pada tingkat gigi pertama, percepatan maksimum yang mampu dihasilkan sebesar 4.57 m/s^2 , tingkat gigi kedua sebesar 2.5146 m/s^2 , tingkat gigi ketiga sebesar 1.557 m/s^2 , tingkat gigi ke empat sebesar 0.836 m/s^2 , dan pada tingkat gigi kelima sebesar 0.458 m/s^2 . Terlihat bahwa antara grafik gaya dorong dengan grafik percepatan kendaraan memiliki kesamaan *trendline*, sebab besarnya percepatan kendaraan merupakan gaya dorong bersih kendaraan yang dibagi dengan masa total kendaraan yang nilainya konstan.

Seperti terlihat pada grafik 4.9 diatas, antara tingkatan gigi 1 menuju tingkatan gigi 2 terdapat jarak yang cukup banyak (loses traksi) ketika dilakukan perpindahan gigi. Pada kecepatan sama 50 km/jam, dari tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua terdapat loses traksi sebesar 4.564 kN. Pada kecepatan yang sama 80 km/jam, dari tingkat gigi kedua menuju tingkat gigi ketiga terdapat loses traksi sebesar 1.916 kN. Begitu juga pada tingkatan berikutnya,

yang dari grafik terlihat masih terdapat celah yang cukup besar. Artinya, masih terdapat traksi yang hilang sia-sia pada saat kendaraan dengan rasio gigi standar beroperasi.

Selain permasalahan loses traksi, tingkatan gigi ke 5 seolah-olah tidak berfungsi saat *digunakan* akibat nilai traksi yang dihasilkan tidak mampu memenuhi kebutuhan gaya hambat kendaraan pada saat kecepatan tinggi. Sehingga, pada tingkat gigi ke 5 kecepatan yang mampu dicapai hanya 189 km/jam, padahal pada tingkat gigi ke 4 berdasarkan analisa, kecepatan maksimumnya bias mencapai 207 km/jam.

Kedua hal tersebut, *loses* traksi dan permasalahan tingkat gigi terakhir yang kurang berfungsi optimal, adalah parameter yang akan diperbaiki dalam penelitian ini dengan membuat rasio transmisi baru menggunakan teori progresi geometri.

4.4 Perhitungan Rasio Transmisi (Teori Progresi Geometri)

Untuk melakukan perhitungan rasio transmisi yang baru, dibutuhkan informasi daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh engine, berdasarkan spesifikasi sebesar 235,8 HP. Langkah untuk menentukan rasio transmisi menggunakan teori progresi geometri adalah pertama, menghitung rasio tingkat gigi pertama, kemudian menentukan rasio tingkat gigi terakhir, dilanjutkan dengan menghitung nilai α (rasio gyrasi) agar dapat menentukan rasio tingkatan gigi berdasarkan banyak tingkatan yang diinginkan.

4.4.1 Menentukan tingkat gigi pertama

Tingkat gigi pertama dirancang dengan *mempertimbangkan* percepatan yang ingin dicapai pada gigi awal tersebut. Dengan memisalkan kecepatan maksimum yang akan dicapai mobil pada tingkat gigi pertama adalah 60

km/jam, asumsi saat mobil melaju pada tingkat gigi pertama gaya hambat yang dialami hanya gaya hambat rollings ditambah dengan percepatan yang ingin dicapai kendaraan. Daya maksimum engine sebesar 235 Hp (175240 watt). Nilai percepatan mobil dapat didapatkan dengan rumus berikut,

$$P_{max} = R_r \cdot V + \frac{W}{g} \cdot a \cdot V$$

Berdasarkan perhitungan gaya hambat kendaraan, nilai R_r pada saat kecepatan 60 km/jam (lih. Tabel R_r di lampiran) sebesar 21.25602 newton ($f_r=0.08$). Setelah semua parameter dari rumus diatas kita dapatkan, maka didapatkan nilai percepatan kendaraan (a) sebesar 5.624827 m/s² . Dengan demikian, besarnya gaya hambat total yang dialami mobil pada tingkat gigi pertama adalah,

$$\begin{aligned} F &= W \left(f_r + \frac{a}{g} \right) \\ F &= 1865.5 \left(0.08 + \frac{5.624827}{9.81} \right) \\ F &= 11957.16 \text{ newton} \end{aligned}$$

Pertimbangan selanjutnya dalam mendesain tingkat gigi pertaman dengan meninjau traksi yang mampu ditahan bidang kontak antara ban dan jalan, besarnya traksi kendaraan tidak boleh melebihi nilai gaya gesek tersebut agar kendaraan tidak mengalami slip. Besarnya gaya gesek ban dengan bidang kontak adalah,

$$\begin{aligned} F_{maks} &= \mu \times W_r \\ F_{maks} &= 0.8 \times 1865.5 \\ F_{maks} &= 14640.44 \text{ newton} \end{aligned}$$

Melihat keadaan traksi maksimal yang terjadi pada roda lebih kecil dari gaya maksimal yang mampu ditahan oleh bidang kontak, maka dapat *dipastikan* roda tidak akan mengalami slip. Sehingga, rasio pada tingkat transmisi pertama adalah (rumus 2.21),

$$i_1 = \frac{11957.16 \times 0.28815}{375.8135 \times 3.583 \times 1.0062636 \times 0.9}$$

$$i_1 = 3.604$$

4.4.2 Menentukan tingkat gigi terakhir

Rasio tingkat gigi terakhir ditentukan berdasarkan kecepatan maksimum yang diharapkan mampu dicapai oleh kendaraan. Saat berada pada tingkat gigi terakhir, beban yang dialami kendaraan *terdiri* dari gaya hambat angin serta gaya hambat rolling, sehingga besarnya gaya total adalah,

$$F = Rr + Ra$$

$$F = 71.41931 + 1738.148$$

$$F = 1809.567 \text{ newton}$$

Selanjutnya dengan persamaan 2.22 didapatkan rasio gigi ke n,

$$i_n = \frac{1809.567 \times 0.38815}{306.9327 \times 0.9 \times 1.062636 \times 3.583}$$

$$i_n = 1.024$$

4.4.3 Menentukan tingkatan rasio gigi

- Pemasangan 5 tingkat kecepatan

$$Kg = \left(\frac{1.024}{3.60397} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Kg = 0.730$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.730 \times 3.604 = 2.631$$

$$i_3 = 0.730 \times 2.631 = 1.921$$

$$i_4 = 0.730 \times 1.921 = 1.402$$

- Pemasangan 6 tingkat kecepatan

$$Kg = \left(\frac{1.024}{3.60397} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$Kg = 0.777$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.777 \times 3.604 = 2.802$$

$$i_3 = 0.777 \times 2.802 = 2.179$$

$$i_4 = 0.777 \times 2.179 = 1.694$$

$$i_5 = 0.777 \times 1.694 = 1.317$$

- Pemasangan 7 tingkat kecepatan

$$Kg = \left(\frac{1.024}{3.60397} \right)^{\frac{1}{6}}$$

$$Kg = 0.811$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.811 \times 3.604 = 2.922$$

$$i_3 = 0.811 \times 2.922 = 2.369$$

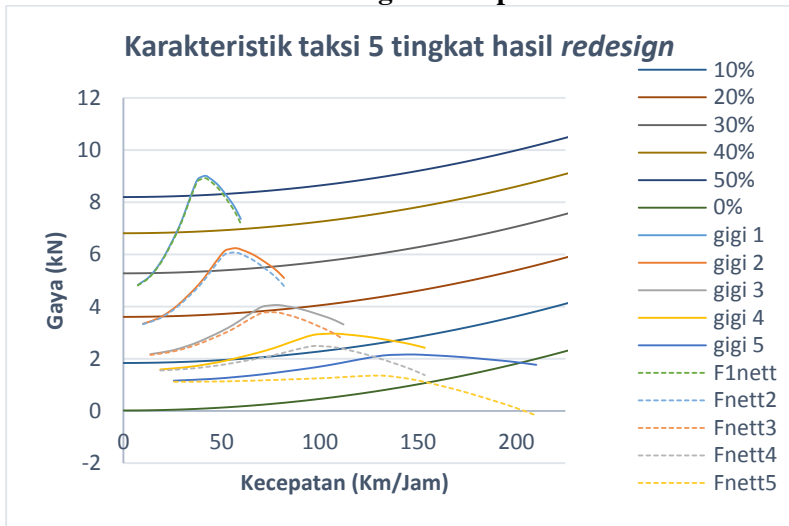
$$i_4 = 0.811 \times 2.369 = 1.921$$

$$i_5 = 0.811 \times 1.921 = 1.558$$

$$i_6 = 0.811 \times 1.558 = 1.263$$

4.5 Hasil *Redesign* Karakteristik Traksi Kendaraan

4.5.1 Karakteristik traksi 5 tingkat kecepatan



Gambar 4. 15 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 5 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Hasil *redesign* rasio transmisi dengan menggunakan 5 tingkat kecepatan seperti terlihat pada grafik 4.11 *menunjukkan* bahwa pada tingkat gigi pertama, sama dengan kondisi mobil standar, kecepatan maksimum yang mampu dicapai sebesar 60 km/jam serta traksi maksimum 9,05 kN pada 3800 rpm. Traksi maksimum pada tingkat gigi kedua sebesar 6,44 kN, tingkat gigi ketiga 3,90 kN, tingkat gigi keempat 2,85, tingkat gigi ke lima sebesar 2,078 kN dengan kecepatan maksimum yang mampu dicapai sama seperti kondisi standar yaitu sebesar 200 km/jam. Secara umum, traksi yang dihasilkan pada masing-masing tingkatan gigi nilainya lebih besar dibandingkan kondisi standar.

Selanjutnya, jika dibandingkan dengan kondisi standar, distribusi traksi pada range kecepatan 0 sampai 200 km/jam juga terlihat lebih merata. Akan tetapi masih terdapat celah

yang cukup besar antara traksi tingkat gigi pertama dengan tingkat gigi kedua, begitu juga tingkat gigi berikutnya. Pada kecepatan sama 50 km/jam, *dari* tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua terdapat loses traksi sebesar 2.282 kN. Pada kecepatan sama 80 km/jam, dari tingkat gigi kedua menuju tingkat gigi ketiga terdapat loses traksi sebesar 1.62 kN. Akan tetapi, permasalahan awal pada tingkat gigi terakhir yang awalnya kurang optimal, saat ini telah terselesaikan ditinjau dari besarnya traksi yang mampu dihasilkan tingkat gigi ke lima mampu melawan gaya hambat kendaraan pada kecepatan ± 200 km/jam.

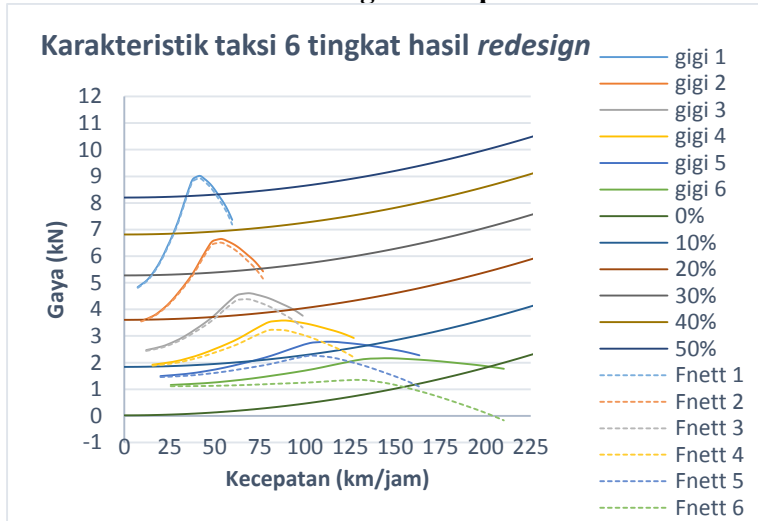


Gambar 4. 16 Grafik Percepatan kendaraan 5 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Grafik 4.12 menunjukkan percepatan yang mampu dihasilkan kendaraan pada masing-masing tingkatan gigi. Secara keseluruhan nilai percepatan pada masing-masing tingkat kecepatan hasil *redesign* lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi standar. Pada tingkat gigi pertama, percepatan maksimum nya sebesar $4,65 \text{ m/s}^2$, tingkat gigi kedua $3,26 \text{ m/s}^2$, tingkat gigi ketiga $1,88 \text{ m/s}^2$, tingkat gigi

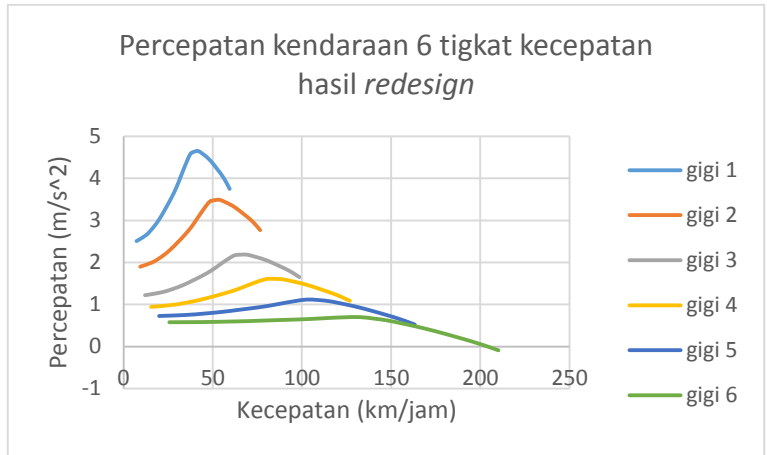
keempat $1,23 \text{ m/s}^2$ dan tingkat gigi terakhir sebesar $0,65 \text{ m/s}^2$.

4.5.2 Karakteristik traksi 6 tingkat kecepatan



Gambar 4. 17 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 6 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Hasil *redesign* rasio transmisi dengan menggunakan 6 tingkat kecepatan seperti terlihat pada grafik 4.13 menunjukkan bahwa pada tingkat gigi pertama, sama dengan kondisi mobil standar, kecepatan maksimum yang mampu dicapai sebesar 50 km/jam serta traksi maksimum 9,05 kN pada 3800 rpm. Traksi maksimum pada tingkat gigi kedua sebesar 6,86 kN, tingkat gigi ketiga 4,43 kN, tingkat gigi keempat 3,44 kN, tingkat gigi ke lima sebesar 2,67 kN, sedangkan tingkat gigi keenam sebesar 2,16 kN. Kecepatan maksimum yang mampu dicapai sama seperti kondisi standar yaitu sebesar 200 km/jam dengan percepatan hasil perhitungan seperti grafik 4.14 berikut.

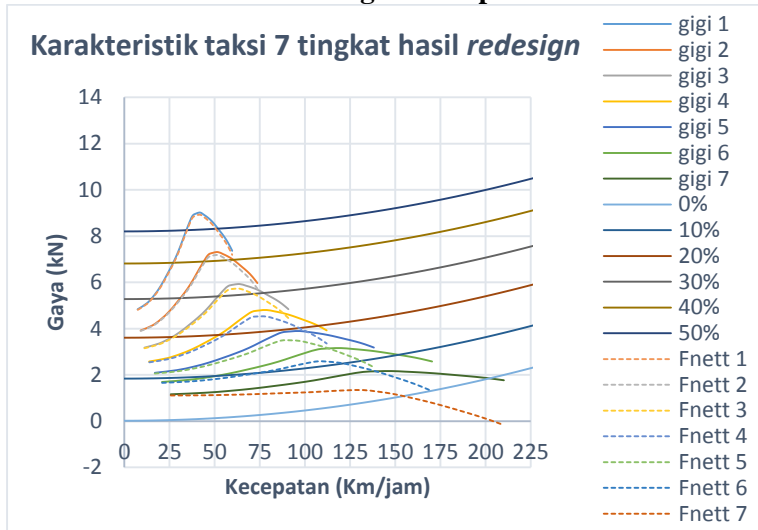


Gambar 4. 18 Grafik Percepatan kendaraan 6 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Jika dibandingkan dengan kondisi standar maupun hasil *redesign* dengan 5 tingkat, distribusi traksi pada range kecepatan 0 sampai 200 km/jam terlihat lebih merata. Selain itu, loses traksi antara tingkat gigi pertama menuju *tingkat* gigi kedua, begitu seterusnya, memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi mobil standar. Hal ini dapat dilihat dari kecilnya jarak antara grafik saat melakukan perpindahan tingkat kecepatan. Pada kecepatan 50 km/jam, dari tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua loses traksi sebesar 1.799 kN, nilai loses traksi ini lebih kecil jika dibandingkan hasil *redesign* 5 tingkat kecepatan.

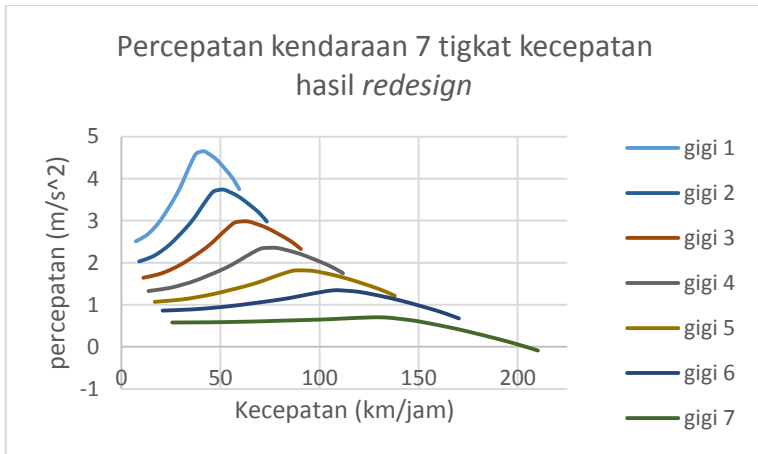
Sedangkan pada tingkat gigi akhir, untuk semua hasil *redesign* nilai traksi nya sama. Serta, tingkat gigi akhir dapat bekerja optimal ditinjau dari besarnya traksi yang mampu dihasilkan tingkat gigi *terakhir* mampu melawan gaya hambat kendaraan pada kecepatan ± 200 km/jam.

4.5.3 Karakteristik traksi 7 tingkat kecepatan



Gambar 4. 19 Grafik Karakteristik traksi Fortuner 7 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Hasil *redesign* rasio transmisi dengan menggunakan 7 tingkat kecepatan seperti terlihat pada grafik 4.15 menunjukkan bahwa pada tingkat gigi pertama, sama dengan *kondisi* mobil standar, kecepatan maksimum yang mampu dicapai sebesar 50 km/jam serta traksi maksimum 9.0148 kN pada 3800 rpm. Traksi maksimum pada tingkat gigi kedua sebesar 7,3091 kN, tingkat gigi ketiga 5,92628 kN, tingkat gigi keempat 4.80502 kN, tingkat gigi ke lima sebesar 3.89591 kN, tingkat gigi keenam sebesar 3.1588 kN, sedangkan pada tingkat gigi ketujuh 2,16537 kN. Kecepatan maksimum yang mampu dicapai sama seperti kondisi standar yaitu sebesar 200 km/jam dengan percepatan hasil perhitungan seperti grafik 4.16 berikut.



Gambar 4. 20 Grafik Percepatan kendaraan 7 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Jika dibandingkan dengan kondisi standar, distribusi traksi pada range kecepatan 0 sampai 200 km/jam jauh lebih merata. Serta nilai traksi pada tingkat gigi terakhir lebih tinggi jika dibandingkan *kondisi* standar. Selain itu, loses traksi antara tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua, begitu seterusnya, memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan hasil *redesign* dengan 5 dan 6 tingkat kecepatan. Hal ini dapat dilihat dari sangat kecilnya gap antara grafik saat melakukan perpindahan tingkat kecepatan. Pada kecepatan 50 km/jam misalnya, nilai loses traksi dari gigi pertama menuju gigi ke dua sebesar 1.109 kN. Nilai ini jauh berkurang jika dibandingkan pada kondisi standar yang besarnya mencapai 4.564 kN.

Sedangkan pada tingkat gigi akhir, untuk semua hasil *redesign* nilai traksi nya sama. Serta, tingkat gigi akhir dapat bekerja optimal ditinjau *dari* besarnya traksi yang mampu dihasilkan tingkat gigi terakhir mampu melawan gaya hambat kendaraan pada kecepatan ± 200 km/jam.

A.1 Tabel perhitungan karakteristik traksi 5 tingkat kecepatan kondisi standar

Tingkat gigi 1 kondisi standar												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett(kN)	a (m/s ²)
3.52	3.583	1600	7.46	0.4021	1.229	0.51593	329.9664654	4.72164	0.02512	0.00242	4.69410	2.43786
3.52	3.583	1800	12.87	0.6167	1.152	0.56895	337.130066	4.985533	0.02517	0.00720	4.95316	2.57240
3.52	3.583	2000	16.91	0.7293	1.101	0.62012	345.2304452	5.31885	0.02525	0.01243	5.28117	2.74275
3.52	3.583	2200	20.66	0.81	1.077	0.67355	349.4735009	5.720636	0.02534	0.01856	5.67674	2.94819
3.52	3.583	2400	24.13	0.867	1.067	0.72688	353.2206151	6.184135	0.02546	0.02530	6.13338	3.18534
3.52	3.583	2600	27.40	0.9089	1.063	0.78185	354.8186491	6.651874	0.02559	0.03263	6.59365	3.42438
3.52	3.583	2800	30.51	0.9396	1.063	0.83590	357.1330431	7.158097	0.02575	0.04045	7.09191	3.68315
3.52	3.583	3000	33.23	0.9553	1.063	0.88656	361.9271451	7.693807	0.02590	0.04799	7.61991	3.95737
3.52	3.583	3200	35.96	0.969	1.063	0.93691	366.1702008	8.226073	0.02607	0.05618	8.14382	4.22945
3.52	3.583	3400	38.50	0.9764	1.063	0.97709	369.5315826	8.657578	0.02625	0.06440	8.56692	4.44919
3.52	3.583	3600	40.76	0.9764	1.063	0.97709	374.27058	8.768605	0.02643	0.07220	8.66998	4.50271
3.52	3.583	3800	43.03	0.9764	1.063	0.97709	375.8135093	8.804754	0.02662	0.08044	8.69769	4.51711
3.52	3.583	4000	45.29	0.9764	1.063	0.97709	371.4602443	8.702763	0.02683	0.08913	8.58680	4.45952
3.52	3.583	4200	47.56	0.9764	1.063	0.97709	366.1702008	8.578825	0.02706	0.09827	8.45350	4.39029
3.52	3.583	4400	49.82	0.9764	1.063	0.97709	359.5025418	8.422612	0.02730	0.10785	8.28746	4.30406
3.52	3.583	4600	52.08	0.9764	1.063	0.97709	350.9613257	8.222504	0.02756	0.11788	8.07707	4.19479
3.52	3.583	4800	54.35	0.9764	1.063	0.97709	341.7037495	8.005613	0.02783	0.12835	7.84943	4.07657
3.52	3.583	5000	56.61	0.9764	1.063	0.97709	332.2808594	7.784848	0.02813	0.13927	7.61745	3.95609
3.52	3.583	5200	58.88	0.9764	1.063	0.97709	320.8190984	7.516316	0.02844	0.15064	7.33724	3.81056
3.52	3.583	5400	61.14	0.9764	1.063	0.97709	306.9327342	7.190979	0.02877	0.16245	6.99976	3.63530

Tingkat gigi 2 kondisi standar												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett(kN)	a (m/s ²)
2.042	3.583	1600	12.86	0.4021	1.229	0.51593	329.9664654	2.739088	0.02517	0.00719	2.70673	1.40573
2.042	3.583	1800	22.19	0.6167	1.152	0.56895	337.130066	2.892176	0.02539	0.02140	2.84539	1.47774
2.042	3.583	2000	29.16	0.7293	1.101	0.62012	345.2304452	3.085537	0.02568	0.03694	3.02292	1.56994
2.042	3.583	2200	35.62	0.81	1.077	0.67355	349.4735009	3.318619	0.02605	0.05514	3.23743	1.68134
2.042	3.583	2400	41.59	0.867	1.067	0.72688	353.2206151	3.587501	0.02650	0.07518	3.48582	1.81035
2.042	3.583	2600	47.24	0.9089	1.063	0.78185	354.8186491	3.858843	0.02702	0.09697	3.73485	1.93968
2.042	3.583	2800	52.59	0.9396	1.063	0.83590	357.1330431	4.15251	0.02762	0.12018	4.00471	2.07983
2.042	3.583	3000	57.29	0.9553	1.063	0.88656	361.9271451	4.463282	0.02822	0.14261	4.29245	2.22927
2.042	3.583	3200	61.98	0.969	1.063	0.93691	366.1702008	4.772057	0.02890	0.16695	4.57621	2.37663
2.042	3.583	3400	66.36	0.9764	1.063	0.97709	369.5315826	5.022379	0.02960	0.19136	4.80141	2.49359
2.042	3.583	3600	70.26	0.9764	1.063	0.97709	374.27058	5.086787	0.03029	0.21454	4.84196	2.51465
2.042	3.583	3800	74.17	0.9764	1.063	0.97709	375.8135093	5.107758	0.03105	0.23904	4.83768	2.51243
2.042	3.583	4000	78.07	0.9764	1.063	0.97709	371.4602443	5.048592	0.03186	0.26486	4.75187	2.46786
2.042	3.583	4200	81.98	0.9764	1.063	0.97709	366.1702008	4.976694	0.03274	0.29201	4.65195	2.41597
2.042	3.583	4400	85.88	0.9764	1.063	0.97709	359.5025418	4.886072	0.03368	0.32048	4.53191	2.35363
2.042	3.583	4600	89.78	0.9764	1.063	0.97709	350.9613257	4.769987	0.03469	0.35028	4.38502	2.27734
2.042	3.583	4800	93.69	0.9764	1.063	0.97709	341.7037495	4.644165	0.03576	0.38140	4.22700	2.19528
2.042	3.583	5000	97.59	0.9764	1.063	0.97709	332.2808594	4.516097	0.03691	0.41385	4.06534	2.11132
2.042	3.583	5200	101.49	0.9764	1.063	0.97709	320.8190984	4.360318	0.03812	0.44762	3.87458	2.01225
2.042	3.583	5400	105.40	0.9764	1.063	0.97709	306.9327342	4.171585	0.03941	0.48271	3.64946	1.89533

Tingkat gigi 3 kondisi standar

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett(kN)	a (m/s ²)
1.4	3.583	1600	18.76	0.4021	1.229	0.51593	329.9664654	1.877925	0.02529	0.01529	1.83734	0.95422
1.4	3.583	1800	32.37	0.6167	1.152	0.56895	337.130066	1.982882	0.02585	0.04552	1.91152	0.99274
1.4	3.583	2000	42.53	0.7293	1.101	0.62012	345.2304452	2.115452	0.02658	0.07859	2.01028	1.04403
1.4	3.583	2200	51.96	0.81	1.077	0.67355	349.4735009	2.275253	0.02754	0.11730	2.13041	1.10642
1.4	3.583	2400	60.67	0.867	1.067	0.72688	353.2206151	2.459599	0.02870	0.15994	2.27096	1.17941
1.4	3.583	2600	68.90	0.9089	1.063	0.78185	354.8186491	2.645632	0.03005	0.20629	2.40930	1.25126
1.4	3.583	2800	76.71	0.9396	1.063	0.83590	357.1330431	2.84697	0.03157	0.25568	2.55972	1.32938
1.4	3.583	3000	83.56	0.9553	1.063	0.88656	361.9271451	3.060037	0.03311	0.30340	2.72352	1.41445
1.4	3.583	3200	90.41	0.969	1.063	0.93691	366.1702008	3.271734	0.03485	0.35518	2.88170	1.49660
1.4	3.583	3400	96.79	0.9764	1.063	0.97709	369.5315826	3.443355	0.03667	0.40711	2.99958	1.55782
1.4	3.583	3600	102.49	0.9764	1.063	0.97709	374.27058	3.487513	0.03844	0.45641	2.99266	1.55422
1.4	3.583	3800	108.18	0.9764	1.063	0.97709	375.8135093	3.501891	0.04038	0.50853	2.95298	1.53362
1.4	3.583	4000	113.87	0.9764	1.063	0.97709	371.4602443	3.461326	0.04247	0.56347	2.85539	1.48293
1.4	3.583	4200	119.57	0.9764	1.063	0.97709	366.1702008	3.412033	0.04472	0.62123	2.74608	1.42617
1.4	3.583	4400	125.26	0.9764	1.063	0.97709	359.5025418	3.349902	0.04714	0.68180	2.62096	1.36118
1.4	3.583	4600	130.95	0.9764	1.063	0.97709	350.9613257	3.270314	0.04973	0.74519	2.47539	1.28558
1.4	3.583	4800	136.65	0.9764	1.063	0.97709	341.7037495	3.18405	0.05249	0.81140	2.32015	1.20496
1.4	3.583	5000	142.34	0.9764	1.063	0.97709	332.2808594	3.096246	0.05544	0.88043	2.16038	1.12198
1.4	3.583	5200	148.04	0.9764	1.063	0.97709	320.8190984	2.989444	0.05856	0.95227	1.97861	1.02758
1.4	3.583	5400	153.73	0.9764	1.063	0.97709	306.9327342	2.860049	0.06187	1.02693	1.77124	0.91989

Tingkat gigi 4 kondisi standar												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1	3.583	1600	26.26	0.4021	1.229	0.51593	329.9664654	1.341375	0.02554	0.02997	1.28586	0.66781
1	3.583	1800	45.31	0.6167	1.152	0.56895	337.130066	1.416345	0.02683	0.08922	1.30029	0.67530
1	3.583	2000	59.54	0.7293	1.101	0.62012	345.2304452	1.511037	0.02853	0.15404	1.32847	0.68993
1	3.583	2200	72.74	0.81	1.077	0.67355	349.4735009	1.625181	0.03076	0.22992	1.36450	0.70865
1	3.583	2400	84.94	0.867	1.067	0.72688	353.2206151	1.756857	0.03344	0.31348	1.40993	0.73224
1	3.583	2600	96.46	0.9089	1.063	0.78185	354.8186491	1.889737	0.03657	0.40433	1.44884	0.75245
1	3.583	2800	107.39	0.9396	1.063	0.83590	357.1330431	2.03355	0.04010	0.50114	1.49231	0.77503
1	3.583	3000	116.98	0.9553	1.063	0.88656	361.9271451	2.185741	0.04368	0.59467	1.54739	0.80363
1	3.583	3200	126.57	0.969	1.063	0.93691	366.1702008	2.336953	0.04772	0.69615	1.59308	0.82736
1	3.583	3400	135.51	0.9764	1.063	0.97709	369.5315826	2.459539	0.05193	0.79794	1.60968	0.83598
1	3.583	3600	143.48	0.9764	1.063	0.97709	374.27058	2.491081	0.05605	0.89457	1.54046	0.80003
1	3.583	3800	151.45	0.9764	1.063	0.97709	375.8135093	2.50135	0.06053	0.99673	1.44410	0.74998
1	3.583	4000	159.42	0.9764	1.063	0.97709	371.4602443	2.472376	0.06537	1.10441	1.30259	0.67650
1	3.583	4200	167.39	0.9764	1.063	0.97709	366.1702008	2.437166	0.07060	1.21761	1.14896	0.59671
1	3.583	4400	175.37	0.9764	1.063	0.97709	359.5025418	2.392787	0.07621	1.33633	0.98024	0.50909
1	3.583	4600	183.34	0.9764	1.063	0.97709	350.9613257	2.335939	0.08222	1.46058	0.79314	0.41191
1	3.583	4800	191.31	0.9764	1.063	0.97709	341.7037495	2.274322	0.08863	1.59035	0.59534	0.30919
1	3.583	5000	199.28	0.9764	1.063	0.97709	332.2808594	2.211605	0.09546	1.72564	0.39051	0.20281
1	3.583	5200	207.25	0.9764	1.063	0.97709	320.8190984	2.135317	0.10270	1.86645	0.16616	0.08630
1	3.583	5400	215.22	0.9764	1.063	0.97709	306.9327342	2.042892	0.11038	2.01278	-0.08027	-0.04169

Tingkat gigi 5 kondisi standar

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
0.716	3.583	1600	36.68	0.4021	1.229	0.51593	329.9664654	0.960425	0.02612	0.05846	0.87585	0.45487
0.716	3.583	1800	63.28	0.6167	1.152	0.56895	337.130066	1.014103	0.02910	0.17403	0.81098	0.42118
0.716	3.583	2000	83.15	0.7293	1.101	0.62012	345.2304452	1.081902	0.03301	0.30047	0.74842	0.38869
0.716	3.583	2200	101.59	0.81	1.077	0.67355	349.4735009	1.163629	0.03816	0.44848	0.67699	0.35159
0.716	3.583	2400	118.63	0.867	1.067	0.72688	353.2206151	1.257909	0.04434	0.61149	0.60208	0.31269
0.716	3.583	2600	134.72	0.9089	1.063	0.78185	354.8186491	1.353052	0.05154	0.78869	0.51282	0.26633
0.716	3.583	2800	149.99	0.9396	1.063	0.83590	357.1330431	1.456022	0.05968	0.97753	0.41882	0.21751
0.716	3.583	3000	163.38	0.9553	1.063	0.88656	361.9271451	1.56499	0.06792	1.15998	0.33709	0.17507
0.716	3.583	3200	176.78	0.969	1.063	0.93691	366.1702008	1.673258	0.07724	1.35792	0.23809	0.12365
0.716	3.583	3400	189.26	0.9764	1.063	0.97709	369.5315826	1.76103	0.08694	1.55647	0.11761	0.06108
0.716	3.583	3600	200.39	0.9764	1.063	0.97709	374.27058	1.783614	0.09644	1.74497	-0.05780	-0.03002
0.716	3.583	3800	211.53	0.9764	1.063	0.97709	375.8135093	1.790967	0.10677	1.94424	-0.26004	-0.13505
0.716	3.583	4000	222.66	0.9764	1.063	0.97709	371.4602443	1.770221	0.11794	2.15429	-0.50201	-0.26072
0.716	3.583	4200	233.79	0.9764	1.063	0.97709	366.1702008	1.745011	0.12998	2.37510	-0.76008	-0.39474
0.716	3.583	4400	244.92	0.9764	1.063	0.97709	359.5025418	1.713236	0.14292	2.60669	-1.03637	-0.53824
0.716	3.583	4600	256.06	0.9764	1.063	0.97709	350.9613257	1.672532	0.15677	2.84905	-1.33328	-0.69243
0.716	3.583	4800	267.19	0.9764	1.063	0.97709	341.7037495	1.628414	0.17155	3.10217	-1.64531	-0.85448
0.716	3.583	5000	278.32	0.9764	1.063	0.97709	332.2808594	1.583509	0.18729	3.36607	-1.96985	-1.02303
0.716	3.583	5200	289.46	0.9764	1.063	0.97709	320.8190984	1.528887	0.20399	3.64075	-2.31585	-1.20273
0.716	3.583	5400	300.59	0.9764	1.063	0.97709	306.9327342	1.462711	0.22170	3.92619	-2.68517	-1.39453

A.2 Tabel perhitungan karakteristik traksi 5 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Tingkat gigi 1 hasil <i>redesign</i> 5 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
3.618	3.583	1600	7.26	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	4.85331	0.01926	0.00229	4.83177	2.50936
3.618	3.583	1800	12.52	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	5.12457	0.01926	0.00682	5.09849	2.64788
3.618	3.583	2000	16.46	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	5.46718	0.01926	0.01177	5.43615	2.82324
3.618	3.583	2200	20.10	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	5.88017	0.01926	0.01756	5.84334	3.03471
3.618	3.583	2400	23.48	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	6.35659	0.01927	0.02395	6.31338	3.27883
3.618	3.583	2600	26.66	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	6.83738	0.01927	0.03089	6.78722	3.52491
3.618	3.583	2800	29.68	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	7.35772	0.01927	0.03828	7.30016	3.79131
3.618	3.583	3000	32.33	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	7.90836	0.01928	0.04543	7.84366	4.07357
3.618	3.583	3200	34.98	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	8.45547	0.01928	0.05318	8.38301	4.35368
3.618	3.583	3400	37.45	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	8.89901	0.01929	0.06095	8.81877	4.57999
3.618	3.583	3600	39.66	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	9.01314	0.01929	0.06833	8.92551	4.63542
3.618	3.583	3800	41.86	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	9.05029	0.01930	0.07614	8.95486	4.65067
3.618	3.583	4000	44.06	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	8.94546	0.01931	0.08436	8.84179	4.59194
3.618	3.583	4200	46.27	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	8.81806	0.01931	0.09301	8.70574	4.52129
3.618	3.583	4400	48.47	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	8.65749	0.01932	0.10208	8.53610	4.43318
3.618	3.583	4600	50.67	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	8.45181	0.01933	0.11157	8.32091	4.32143
3.618	3.583	4800	52.87	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	8.22887	0.01933	0.12148	8.08805	4.20049
3.618	3.583	5000	55.08	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	8.00195	0.01934	0.13182	7.85078	4.07727
3.618	3.583	5200	57.28	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	7.72592	0.01935	0.14257	7.56400	3.92833
3.618	3.583	5400	59.48	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	7.39152	0.01936	0.15375	7.21840	3.74885

Tingkat gigi 2 hasil <i>redesign</i> 5 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
2.639	3.583	1600	9.95	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	3.45625	0.01926	0.00430	3.43269	1.78275
2.639	3.583	1800	17.17	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	3.64942	0.01926	0.01281	3.61735	1.87865
2.639	3.583	2000	22.56	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	3.89341	0.01926	0.02212	3.85203	2.00053
2.639	3.583	2200	27.56	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	4.18752	0.01927	0.03301	4.13523	2.14761
2.639	3.583	2400	32.19	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	4.52680	0.01928	0.04501	4.46251	2.31758
2.639	3.583	2600	36.55	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	4.86918	0.01929	0.05806	4.79184	2.48862
2.639	3.583	2800	40.69	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	5.23974	0.01930	0.07196	5.14848	2.67384
2.639	3.583	3000	44.33	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	5.63188	0.01931	0.08539	5.52718	2.87052
2.639	3.583	3200	47.96	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	6.02150	0.01932	0.09996	5.90222	3.06529
2.639	3.583	3400	51.35	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	6.33736	0.01933	0.11458	6.20346	3.22174
2.639	3.583	3600	54.37	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	6.41864	0.01934	0.12846	6.27084	3.25673
2.639	3.583	3800	57.39	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	6.44510	0.01935	0.14312	6.28262	3.26285
2.639	3.583	4000	60.41	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	6.37044	0.01937	0.15859	6.19249	3.21604
2.639	3.583	4200	63.43	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	6.27972	0.01938	0.17484	6.08549	3.16047
2.639	3.583	4400	66.45	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	6.16537	0.01940	0.19189	5.95408	3.09223
2.639	3.583	4600	69.47	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	6.01889	0.01941	0.20973	5.78975	3.00688
2.639	3.583	4800	72.49	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	5.86012	0.01943	0.22836	5.61233	2.91474
2.639	3.583	5000	75.51	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	5.69852	0.01945	0.24779	5.43128	2.82071
2.639	3.583	5200	78.54	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	5.50196	0.01947	0.26801	5.21448	2.70812
2.639	3.583	5400	81.56	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	5.26381	0.01949	0.28902	4.95530	2.57351

Tingkat gigi 3 hasil <i>redesign</i> 5 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.925	3.583	1600	13.64	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	2.09553	0.01926	0.00809	2.06818	1.07410
1.925	3.583	1800	23.54	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	2.21265	0.01927	0.02408	2.16930	1.12662
1.925	3.583	2000	30.93	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	2.36058	0.01928	0.04158	2.29972	1.19435
1.925	3.583	2200	37.79	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	2.53889	0.01929	0.06206	2.45754	1.27631
1.925	3.583	2400	44.13	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	2.74460	0.01931	0.08462	2.64068	1.37142
1.925	3.583	2600	50.12	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.95219	0.01932	0.10914	2.82373	1.46649
1.925	3.583	2800	55.79	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	3.17686	0.01935	0.13527	3.02224	1.56959
1.925	3.583	3000	60.78	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	3.41461	0.01937	0.16052	3.23473	1.67994
1.925	3.583	3200	65.76	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	3.65084	0.01939	0.18791	3.44354	1.78839
1.925	3.583	3400	70.40	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	3.84235	0.01942	0.21539	3.60754	1.87356
1.925	3.583	3600	74.55	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	3.89162	0.01944	0.24147	3.63071	1.88559
1.925	3.583	3800	78.69	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	3.90767	0.01947	0.26905	3.61915	1.87959
1.925	3.583	4000	82.83	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	3.86240	0.01950	0.29811	3.54479	1.84097
1.925	3.583	4200	86.97	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	3.80740	0.01953	0.32867	3.45920	1.79652
1.925	3.583	4400	91.11	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	3.73807	0.01957	0.36072	3.35779	1.74385
1.925	3.583	4600	95.25	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	3.64926	0.01960	0.39425	3.23540	1.68029
1.925	3.583	4800	99.39	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	3.55300	0.01964	0.42928	3.10407	1.61209
1.925	3.583	5000	103.53	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	3.45502	0.01968	0.46580	2.96954	1.54222
1.925	3.583	5200	107.68	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	3.33584	0.01973	0.50381	2.81230	1.46056
1.925	3.583	5400	111.82	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	3.19145	0.01977	0.54331	2.62837	1.36503

Tingkat gigi 4 hasil *redesign* 5 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.404	3.583	1600	18.71	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.52840	0.01926	0.01521	1.49393	0.77587
1.404	3.583	1800	32.28	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.61382	0.01928	0.04527	1.54927	0.80461
1.404	3.583	2000	42.41	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.72172	0.01930	0.07816	1.62425	0.84355
1.404	3.583	2200	51.81	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	1.85177	0.01933	0.11666	1.71578	0.89108
1.404	3.583	2400	60.50	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	2.00181	0.01937	0.15907	1.82338	0.94696
1.404	3.583	2600	68.71	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.15322	0.01941	0.20516	1.92865	1.00163
1.404	3.583	2800	76.50	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	2.31708	0.01946	0.25428	2.04334	1.06120
1.404	3.583	3000	83.33	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	2.49049	0.01950	0.30174	2.16924	1.12659
1.404	3.583	3200	90.16	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	2.66279	0.01956	0.35324	2.28999	1.18930
1.404	3.583	3400	96.53	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	2.80246	0.01961	0.40488	2.37797	1.23499
1.404	3.583	3600	102.21	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	2.83840	0.01967	0.45392	2.36482	1.22816
1.404	3.583	3800	107.88	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	2.85010	0.01973	0.50576	2.32462	1.20728
1.404	3.583	4000	113.56	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	2.81709	0.01979	0.56039	2.23690	1.16173
1.404	3.583	4200	119.24	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	2.77697	0.01986	0.61783	2.13927	1.11102
1.404	3.583	4400	124.92	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	2.72641	0.01994	0.67808	2.02839	1.05344
1.404	3.583	4600	130.60	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	2.66163	0.02002	0.74112	1.90049	0.98701
1.404	3.583	4800	136.27	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	2.59142	0.02010	0.80697	1.76435	0.91631
1.404	3.583	5000	141.95	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	2.51996	0.02019	0.87562	1.62415	0.84350
1.404	3.583	5200	147.63	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	2.43304	0.02029	0.94707	1.46568	0.76119
1.404	3.583	5400	153.31	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	2.32772	0.02039	1.02132	1.28601	0.66789

Tingkat gigi 5 hasil <i>redesign</i> 5 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.024	3.583	1600	25.65	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.11476	0.01927	0.02859	1.06690	0.55409
1.024	3.583	1800	44.25	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.17706	0.01931	0.08510	1.07266	0.55708
1.024	3.583	2000	58.15	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.25575	0.01936	0.14693	1.08947	0.56581
1.024	3.583	2200	71.04	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	1.35061	0.01942	0.21930	1.11189	0.57745
1.024	3.583	2400	82.95	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	1.46004	0.01950	0.29901	1.14153	0.59285
1.024	3.583	2600	94.21	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	1.57047	0.01959	0.38566	1.16522	0.60515
1.024	3.583	2800	104.88	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	1.68999	0.01970	0.47801	1.19229	0.61921
1.024	3.583	3000	114.25	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	1.81647	0.01980	0.56722	1.22945	0.63851
1.024	3.583	3200	123.62	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	1.94214	0.01992	0.66402	1.25820	0.65344
1.024	3.583	3400	132.35	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	2.04401	0.02004	0.76110	1.26286	0.65586
1.024	3.583	3600	140.13	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	2.07022	0.02017	0.85328	1.19678	0.62154
1.024	3.583	3800	147.92	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	2.07876	0.02030	0.95072	1.10774	0.57530
1.024	3.583	4000	155.70	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	2.05468	0.02044	1.05343	0.98081	0.50938
1.024	3.583	4200	163.49	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	2.02542	0.02059	1.16141	0.84342	0.43802
1.024	3.583	4400	171.27	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	1.98854	0.02076	1.27465	0.69313	0.35997
1.024	3.583	4600	179.06	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	1.94129	0.02093	1.39316	0.52719	0.27380
1.024	3.583	4800	186.84	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	1.89009	0.02112	1.51694	0.35202	0.18282
1.024	3.583	5000	194.63	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	1.83796	0.02132	1.64599	0.17065	0.08863
1.024	3.583	5200	202.41	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	1.77457	0.02154	1.78030	-0.02727	-0.01416
1.024	3.583	5400	210.20	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	1.69775	0.02176	1.91988	-0.24389	-0.12666

A.3 Tabel perhitungan karakteristik traksi 6 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Tingkat gigi 1 hasil <i>redesign</i> 6 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
3.618	3.583	1600	7.26	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	4.853313	0.01926	0.002289	4.83177	2.50936
3.618	3.583	1800	12.52	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	5.124565	0.01926	0.006815	5.09849	2.64788
3.618	3.583	2000	16.46	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	5.467177	0.01926	0.011767	5.43615	2.82324
3.618	3.583	2200	20.10	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	5.880168	0.01926	0.017563	5.84334	3.03471
3.618	3.583	2400	23.48	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	6.356593	0.01927	0.023946	6.31338	3.27883
3.618	3.583	2600	26.66	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	6.837376	0.01927	0.030886	6.78722	3.52491
3.618	3.583	2800	29.68	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	7.357716	0.01927	0.038281	7.30016	3.79131
3.618	3.583	3000	32.33	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	7.908365	0.01928	0.045426	7.84366	4.07357
3.618	3.583	3200	34.98	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	8.455475	0.01928	0.053177	8.38301	4.35368
3.618	3.583	3400	37.45	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	8.899013	0.01929	0.060952	8.81877	4.57999
3.618	3.583	3600	39.66	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	9.013137	0.01929	0.068334	8.92551	4.63542
3.618	3.583	3800	41.86	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	9.050293	0.01930	0.076138	8.95486	4.65067
3.618	3.583	4000	44.06	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	8.945458	0.01931	0.084363	8.84179	4.59194
3.618	3.583	4200	46.27	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	8.818064	0.01931	0.093011	8.70574	4.52129
3.618	3.583	4400	48.47	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	8.657494	0.01932	0.10208	8.53610	4.43318
3.618	3.583	4600	50.67	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	8.451806	0.01933	0.11157	8.32091	4.32143
3.618	3.583	4800	52.87	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	8.228866	0.01933	0.121483	8.08805	4.20049
3.618	3.583	5000	55.08	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	8.001945	0.01934	0.131818	7.85078	4.07727
3.618	3.583	5200	57.28	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	7.725925	0.01935	0.142574	7.56400	3.92833
3.618	3.583	5400	59.48	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	7.391515	0.01936	0.153752	7.21840	3.74885

Tingkat gigi 2 hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
2.811	3.583	1600	9.34	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	3.681429	0.01926	0.003793	3.65838	1.89996
2.811	3.583	1800	16.12	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	3.887185	0.01926	0.011292	3.85663	2.00293
2.811	3.583	2000	21.18	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	4.147069	0.01926	0.019496	4.10831	2.13363
2.811	3.583	2200	25.88	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	4.460339	0.01927	0.029099	4.41197	2.29134
2.811	3.583	2400	30.22	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	4.821726	0.01927	0.039676	4.76278	2.47353
2.811	3.583	2600	34.32	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	5.186418	0.01928	0.051174	5.11596	2.65695
2.811	3.583	2800	38.21	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	5.581117	0.01929	0.063426	5.49840	2.85557
2.811	3.583	3000	41.62	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	5.998806	0.01930	0.075265	5.90424	3.06634
2.811	3.583	3200	45.03	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	6.41381	0.01931	0.088108	6.30639	3.27520
2.811	3.583	3400	48.21	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	6.750251	0.01932	0.100991	6.62994	3.44323
2.811	3.583	3600	51.04	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	6.836819	0.01933	0.113222	6.70427	3.48183
2.811	3.583	3800	53.88	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	6.865004	0.01934	0.126151	6.71951	3.48975
2.811	3.583	4000	56.72	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	6.785482	0.01935	0.13978	6.62635	3.44137
2.811	3.583	4200	59.55	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	6.688849	0.01936	0.154107	6.51538	3.38373
2.811	3.583	4400	62.39	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	6.56705	0.01938	0.169133	6.37854	3.31267
2.811	3.583	4600	65.22	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	6.411028	0.01939	0.184859	6.20678	3.22346
2.811	3.583	4800	68.06	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	6.241919	0.01940	0.201283	6.02123	3.12710
2.811	3.583	5000	70.90	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	6.069791	0.01942	0.218406	5.83196	3.02881
2.811	3.583	5200	73.73	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	5.860418	0.01944	0.236228	5.60475	2.91080
2.811	3.583	5400	76.57	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	5.606755	0.01946	0.254748	5.33255	2.76944

Tingkat gigi 3 hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
2.184	3.583	1600	12.03	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	2.377474	0.01926	0.006284	2.35193	1.22147
2.184	3.583	1800	20.75	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	2.510351	0.01926	0.018709	2.47238	1.28402
2.184	3.583	2000	27.26	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	2.678185	0.01927	0.032302	2.62661	1.36412
2.184	3.583	2200	33.31	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	2.880496	0.01928	0.048214	2.81300	1.46092
2.184	3.583	2400	38.90	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	3.11388	0.01929	0.065739	3.02885	1.57302
2.184	3.583	2600	44.17	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	3.349399	0.01931	0.084789	3.24530	1.68543
2.184	3.583	2800	49.18	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	3.604296	0.01932	0.10509	3.47988	1.80726
2.184	3.583	3000	53.57	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	3.874041	0.01934	0.124704	3.73000	1.93716
2.184	3.583	3200	57.96	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	4.142051	0.01936	0.145984	3.97671	2.06529
2.184	3.583	3400	62.05	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	4.359325	0.01937	0.16733	4.17262	2.16703
2.184	3.583	3600	65.70	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	4.415231	0.01939	0.187594	4.20824	2.18553
2.184	3.583	3800	69.35	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	4.433433	0.01941	0.209017	4.20500	2.18385
2.184	3.583	4000	73.01	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	4.382078	0.01943	0.231598	4.13105	2.14544
2.184	3.583	4200	76.66	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	4.319671	0.01946	0.255337	4.04488	2.10069
2.184	3.583	4400	80.31	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	4.241014	0.01948	0.280234	3.94130	2.04690
2.184	3.583	4600	83.96	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	4.140254	0.01951	0.306288	3.81446	1.98102
2.184	3.583	4800	87.61	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	4.031043	0.01954	0.333501	3.67801	1.91016
2.184	3.583	5000	91.26	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	3.919882	0.01957	0.361872	3.53844	1.83768
2.184	3.583	5200	94.91	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	3.784669	0.01960	0.391401	3.37367	1.75210
2.184	3.583	5400	98.56	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	3.620853	0.01963	0.422087	3.17913	1.65107

Tingkat gigi 4 hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.696	3.583	1600	15.48	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.847015	0.01926	0.010413	1.81734	0.94383
1.696	3.583	1800	26.71	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.950245	0.01927	0.030999	1.89998	0.98674
1.696	3.583	2000	35.10	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	2.080632	0.01928	0.053521	2.00783	1.04276
1.696	3.583	2200	42.88	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	2.237803	0.01930	0.079885	2.13862	1.11068
1.696	3.583	2400	50.07	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	2.419115	0.01932	0.108921	2.29087	1.18975
1.696	3.583	2600	56.86	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.602086	0.01935	0.140485	2.44225	1.26837
1.696	3.583	2800	63.30	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	2.80011	0.01938	0.174121	2.60661	1.35373
1.696	3.583	3000	68.96	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	3.00967	0.01941	0.20662	2.78364	1.44567
1.696	3.583	3200	74.61	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	3.217882	0.01944	0.241879	2.95656	1.53548
1.696	3.583	3400	79.88	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	3.386679	0.01948	0.277245	3.08996	1.60475
1.696	3.583	3600	84.57	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	3.43011	0.01951	0.310821	3.09978	1.60986
1.696	3.583	3800	89.27	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	3.444251	0.01955	0.346316	3.07839	1.59875
1.696	3.583	4000	93.97	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	3.404354	0.01959	0.38373	3.00103	1.55857
1.696	3.583	4200	98.67	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	3.355872	0.01963	0.423062	2.91318	1.51295
1.696	3.583	4400	103.37	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	3.294765	0.01968	0.464313	2.81077	1.45976
1.696	3.583	4600	108.07	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	3.216486	0.01973	0.507482	2.68927	1.39666
1.696	3.583	4800	112.77	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	3.131642	0.01978	0.552571	2.55929	1.32916
1.696	3.583	5000	117.47	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	3.045284	0.01984	0.599578	2.42587	1.25986
1.696	3.583	5200	122.16	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	2.940239	0.01990	0.648503	2.27184	1.17987
1.696	3.583	5400	126.86	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	2.812973	0.01996	0.699347	2.09366	1.08733

Tingkat gigi 5 hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.318	3.583	1600	19.93	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.434912	0.01926	0.017252	1.39840	0.72625
1.318	3.583	1800	34.38	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.515109	0.01928	0.051361	1.44447	0.75018
1.318	3.583	2000	45.17	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.616404	0.01931	0.088677	1.50842	0.78339
1.318	3.583	2200	55.19	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	1.738508	0.01934	0.13236	1.58680	0.82410
1.318	3.583	2400	64.44	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	1.879365	0.01939	0.180468	1.67951	0.87225
1.318	3.583	2600	73.19	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.021512	0.01943	0.232766	1.76931	0.91888
1.318	3.583	2800	81.48	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	2.175354	0.01949	0.288498	1.86737	0.96981
1.318	3.583	3000	88.76	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	2.338156	0.01955	0.342344	1.97627	1.02637
1.318	3.583	3200	96.04	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	2.499913	0.01961	0.400763	2.07954	1.08000
1.318	3.583	3400	102.82	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	2.631047	0.01967	0.459361	2.15201	1.11764
1.318	3.583	3600	108.86	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	2.664789	0.01974	0.514993	2.13006	1.10624
1.318	3.583	3800	114.91	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	2.675774	0.01981	0.573803	2.08216	1.08136
1.318	3.583	4000	120.96	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	2.644779	0.01989	0.635793	1.98910	1.03303
1.318	3.583	4200	127.01	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	2.607114	0.01997	0.700962	1.88619	0.97958
1.318	3.583	4400	133.06	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	2.559641	0.02005	0.76931	1.77028	0.91939
1.318	3.583	4600	139.10	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	2.498828	0.02015	0.840837	1.63784	0.85061
1.318	3.583	4800	145.15	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	2.432915	0.02025	0.915542	1.49712	0.77752
1.318	3.583	5000	151.20	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	2.365824	0.02036	0.993427	1.35204	0.70218
1.318	3.583	5200	157.25	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	2.284217	0.02047	1.074491	1.18926	0.61764
1.318	3.583	5400	163.30	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	2.185347	0.02059	1.158733	1.00602	0.52247

Tingkat gigi 6 hasil *redesign* 6 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.024	3.583	1600	25.65	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.161204	0.01927	0.028585	1.11335	0.57821
1.024	3.583	1800	44.25	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.226104	0.01931	0.085099	1.12170	0.58255
1.024	3.583	2000	58.15	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.308078	0.01936	0.146928	1.14179	0.59299
1.024	3.583	2200	71.04	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	1.40689	0.01942	0.219304	1.16816	0.60668
1.024	3.583	2400	82.95	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	1.520879	0.01950	0.299014	1.20236	0.62444
1.024	3.583	2600	94.21	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	1.635911	0.01959	0.385665	1.23065	0.63913
1.024	3.583	2800	104.88	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	1.760408	0.01970	0.478006	1.26271	0.65578
1.024	3.583	3000	114.25	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	1.892156	0.01980	0.567222	1.30513	0.67782
1.024	3.583	3200	123.62	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	2.023058	0.01992	0.664016	1.33912	0.69547
1.024	3.583	3400	132.35	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	2.129179	0.02004	0.761105	1.34803	0.70009
1.024	3.583	3600	140.13	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	2.156484	0.02017	0.85328	1.28304	0.66634
1.024	3.583	3800	147.92	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	2.165374	0.02030	0.950722	1.19435	0.62028
1.024	3.583	4000	155.70	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	2.140291	0.02044	1.053432	1.06642	0.55384
1.024	3.583	4200	163.49	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	2.109811	0.02059	1.161409	0.92781	0.48185
1.024	3.583	4400	171.27	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	2.071393	0.02076	1.274653	0.77598	0.40300
1.024	3.583	4600	179.06	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	2.02218	0.02093	1.393164	0.60808	0.31580
1.024	3.583	4800	186.84	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	1.968839	0.02112	1.516942	0.43077	0.22372
1.024	3.583	5000	194.63	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	1.914546	0.02132	1.645988	0.24723	0.12840
1.024	3.583	5200	202.41	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	1.848506	0.02154	1.7803	0.04667	0.02424
1.024	3.583	5400	210.20	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	1.768495	0.02176	1.91988	-0.17315	-0.08992

A.4 Tabel perhitungan karakteristik traksi 7 tingkat kecepatan hasil *redesign*

Tingkat gigi 1 hasil <i>redesign</i> 7 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
3.618	3.583	1600	7.26	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	4.85331	0.01926	0.00229	4.83177	2.50936
3.618	3.583	1800	12.52	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	5.12457	0.01926	0.00682	5.09849	2.64788
3.618	3.583	2000	16.46	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	5.46718	0.01926	0.01177	5.43615	2.82324
3.618	3.583	2200	20.10	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	5.88017	0.01926	0.01756	5.84334	3.03471
3.618	3.583	2400	23.48	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	6.35659	0.01927	0.02395	6.31338	3.27883
3.618	3.583	2600	26.66	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	6.83738	0.01927	0.03089	6.78722	3.52491
3.618	3.583	2800	29.68	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	7.35772	0.01927	0.03828	7.30016	3.79131
3.618	3.583	3000	32.33	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	7.90836	0.01928	0.04543	7.84366	4.07357
3.618	3.583	3200	34.98	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	8.45547	0.01928	0.05318	8.38301	4.35368
3.618	3.583	3400	37.45	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	8.89901	0.01929	0.06095	8.81877	4.57999
3.618	3.583	3600	39.66	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	9.01314	0.01929	0.06833	8.92551	4.63542
3.618	3.583	3800	41.86	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	9.05029	0.01930	0.07614	8.95486	4.65067
3.618	3.583	4000	44.06	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	8.94546	0.01931	0.08436	8.84179	4.59194
3.618	3.583	4200	46.27	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	8.81806	0.01931	0.09301	8.70574	4.52129
3.618	3.583	4400	48.47	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	8.65749	0.01932	0.10208	8.53610	4.43318
3.618	3.583	4600	50.67	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	8.45181	0.01933	0.11157	8.32091	4.32143
3.618	3.583	4800	52.87	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	8.22887	0.01933	0.12148	8.08805	4.20049
3.618	3.583	5000	55.08	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	8.00195	0.01934	0.13182	7.85078	4.07727
3.618	3.583	5200	57.28	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	7.72592	0.01935	0.14257	7.56400	3.92833
3.618	3.583	5400	59.48	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	7.39152	0.01936	0.15375	7.21840	3.74885

Tingkat gigi 2 hasil <i>redesign</i> 7 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
2.932	3.583	1600	8.96	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	3.93249	0.01926	0.00349	3.90974	2.03051
2.932	3.583	1800	15.46	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	4.15227	0.01926	0.01038	4.12263	2.14107
2.932	3.583	2000	20.31	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	4.42988	0.01926	0.01792	4.39270	2.28133
2.932	3.583	2200	24.81	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	4.76451	0.01927	0.02675	4.71850	2.45053
2.932	3.583	2400	28.97	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	5.15055	0.01927	0.03647	5.09480	2.64596
2.932	3.583	2600	32.90	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	5.54011	0.01928	0.04704	5.47379	2.84279
2.932	3.583	2800	36.63	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	5.96172	0.01929	0.05831	5.88413	3.05590
2.932	3.583	3000	39.90	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	6.40790	0.01929	0.06919	6.31941	3.28196
2.932	3.583	3200	43.17	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	6.85120	0.01930	0.08100	6.75090	3.50605
2.932	3.583	3400	46.22	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	7.21059	0.01931	0.09284	7.09844	3.68654
2.932	3.583	3600	48.94	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	7.30306	0.01932	0.10408	7.17966	3.72872
2.932	3.583	3800	51.66	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	7.33317	0.01933	0.11597	7.19787	3.73818
2.932	3.583	4000	54.38	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	7.24822	0.01934	0.12850	7.10038	3.68755
2.932	3.583	4200	57.10	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	7.14500	0.01935	0.14167	6.98398	3.62710
2.932	3.583	4400	59.82	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	7.01489	0.01936	0.15548	6.84005	3.55235
2.932	3.583	4600	62.54	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	6.84823	0.01938	0.16994	6.65892	3.45828
2.932	3.583	4800	65.26	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	6.66759	0.01939	0.18504	6.46316	3.35662
2.932	3.583	5000	67.97	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	6.48372	0.01940	0.20078	6.26354	3.25294
2.932	3.583	5200	70.69	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	6.26007	0.01942	0.21716	6.02349	3.12827
2.932	3.583	5400	73.41	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	5.98911	0.01944	0.23419	5.73549	2.97870

Tingkat gigi 3 hasil <i>redesign</i> 7 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
2.375	3.583	1600	11.06	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	3.18637	0.01926	0.00531	3.16180	1.64207
2.375	3.583	1800	19.07	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	3.36446	0.01926	0.01581	3.32938	1.72910
2.375	3.583	2000	25.06	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	3.58939	0.01927	0.02730	3.54283	1.83995
2.375	3.583	2200	30.62	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	3.86054	0.01928	0.04075	3.80051	1.97378
2.375	3.583	2400	35.76	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	4.17333	0.01928	0.05555	4.09849	2.12853
2.375	3.583	2600	40.61	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	4.48898	0.01930	0.07165	4.39803	2.28410
2.375	3.583	2800	45.21	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	4.83060	0.01931	0.08881	4.72248	2.45260
2.375	3.583	3000	49.25	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	5.19212	0.01932	0.10539	5.06741	2.63174
2.375	3.583	3200	53.28	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	5.55131	0.01934	0.12337	5.40861	2.80894
2.375	3.583	3400	57.05	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	5.84251	0.01935	0.14141	5.68175	2.95079
2.375	3.583	3600	60.40	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	5.91744	0.01937	0.15853	5.73954	2.98080
2.375	3.583	3800	63.76	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	5.94183	0.01938	0.17664	5.74581	2.98406
2.375	3.583	4000	67.11	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	5.87301	0.01940	0.19572	5.65789	2.93840
2.375	3.583	4200	70.47	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	5.78937	0.01942	0.21578	5.55417	2.88453
2.375	3.583	4400	73.82	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	5.68395	0.01944	0.23682	5.42769	2.81885
2.375	3.583	4600	77.18	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	5.54891	0.01946	0.25884	5.27060	2.73727
2.375	3.583	4800	80.54	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	5.40254	0.01948	0.28184	5.10122	2.64929
2.375	3.583	5000	83.89	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	5.25356	0.01951	0.30581	4.92823	2.55946
2.375	3.583	5200	87.25	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	5.07234	0.01953	0.33077	4.72204	2.45237
2.375	3.583	5400	90.60	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	4.85279	0.01956	0.35670	4.47652	2.32486

Tingkat gigi 4 hasil <i>redesign</i> 7 tingkat kecepatan												
it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.925	3.583	1600	13.64	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	2.58181	0.01926	0.00809	2.55447	1.32665
1.925	3.583	1800	23.54	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	2.72611	0.01927	0.02408	2.68276	1.39328
1.925	3.583	2000	30.93	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	2.90837	0.01928	0.04158	2.84752	1.47885
1.925	3.583	2200	37.79	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	3.12807	0.01929	0.06206	3.04672	1.58230
1.925	3.583	2400	44.13	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	3.38151	0.01931	0.08462	3.27759	1.70220
1.925	3.583	2600	50.12	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	3.63728	0.01932	0.10914	3.50881	1.82229
1.925	3.583	2800	55.79	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	3.91408	0.01935	0.13527	3.75946	1.95246
1.925	3.583	3000	60.78	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	4.20701	0.01937	0.16052	4.02712	2.09147
1.925	3.583	3200	65.76	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	4.49805	0.01939	0.18791	4.29075	2.22838
1.925	3.583	3400	70.40	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	4.73400	0.01942	0.21539	4.49920	2.33664
1.925	3.583	3600	74.55	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	4.79471	0.01944	0.24147	4.53380	2.35461
1.925	3.583	3800	78.69	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	4.81448	0.01947	0.26905	4.52596	2.35054
1.925	3.583	4000	82.83	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	4.75871	0.01950	0.29811	4.44110	2.30647
1.925	3.583	4200	86.97	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	4.69094	0.01953	0.32867	4.34274	2.25538
1.925	3.583	4400	91.11	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	4.60552	0.01957	0.36072	4.22524	2.19436
1.925	3.583	4600	95.25	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	4.49610	0.01960	0.39425	4.08225	2.12010
1.925	3.583	4800	99.39	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	4.37751	0.01964	0.42928	3.92858	2.04029
1.925	3.583	5000	103.53	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	4.25679	0.01968	0.46580	3.77131	1.95861
1.925	3.583	5200	107.68	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	4.10996	0.01973	0.50381	3.58642	1.86259
1.925	3.583	5400	111.82	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	3.93206	0.01977	0.54331	3.36898	1.74966

Tingkat gigi 5 hasil *redesign* 7 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.560	3.583	1600	16.84	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	2.09196	0.01926	0.01232	2.06038	1.07005
1.560	3.583	1800	29.05	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	2.20888	0.01927	0.03668	2.15293	1.11811
1.560	3.583	2000	38.18	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	2.35656	0.01929	0.06333	2.27394	1.18096
1.560	3.583	2200	46.64	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	2.53458	0.01931	0.09453	2.42073	1.25720
1.560	3.583	2400	54.46	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	2.73993	0.01934	0.12889	2.59171	1.34599
1.560	3.583	2600	61.85	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.94717	0.01937	0.16624	2.76156	1.43420
1.560	3.583	2800	68.86	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	3.17146	0.01941	0.20604	2.94601	1.53000
1.560	3.583	3000	75.01	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	3.40881	0.01945	0.24449	3.14487	1.63327
1.560	3.583	3200	81.16	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	3.64463	0.01949	0.28622	3.33893	1.73406
1.560	3.583	3400	86.89	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	3.83581	0.01953	0.32807	3.48822	1.81159
1.560	3.583	3600	92.00	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	3.88501	0.01957	0.36780	3.49764	1.81648
1.560	3.583	3800	97.11	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	3.90102	0.01962	0.40980	3.47160	1.80296
1.560	3.583	4000	102.22	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	3.85583	0.01967	0.45407	3.38210	1.75648
1.560	3.583	4200	107.33	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	3.80092	0.01972	0.50061	3.28059	1.70376
1.560	3.583	4400	112.45	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	3.73171	0.01978	0.54942	3.16251	1.64243
1.560	3.583	4600	117.56	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	3.64305	0.01984	0.60051	3.02270	1.56983
1.560	3.583	4800	122.67	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	3.54695	0.01991	0.65386	2.87319	1.49218
1.560	3.583	5000	127.78	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	3.44914	0.01998	0.70948	2.71968	1.41246
1.560	3.583	5200	132.89	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	3.33017	0.02005	0.76738	2.54274	1.32056
1.560	3.583	5400	138.00	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	3.18602	0.02013	0.82754	2.33835	1.21441

Tingkat gigi 6 hasil *redesign* 7 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.264	3.583	1600	20.78	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.69505	0.01926	0.01877	1.65702	0.86057
1.264	3.583	1800	35.86	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.78979	0.01929	0.05587	1.71463	0.89049
1.264	3.583	2000	47.12	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.90945	0.01931	0.09646	1.79367	0.93153
1.264	3.583	2200	57.56	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	2.05369	0.01935	0.14398	1.89035	0.98175
1.264	3.583	2400	67.21	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	2.22008	0.01940	0.19631	2.00437	1.04096
1.264	3.583	2600	76.33	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	2.38800	0.01945	0.25320	2.11534	1.09859
1.264	3.583	2800	84.98	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	2.56973	0.01952	0.31383	2.23639	1.16146
1.264	3.583	3000	92.57	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	2.76205	0.01958	0.37240	2.37007	1.23089
1.264	3.583	3200	100.16	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	2.95313	0.01965	0.43595	2.49753	1.29708
1.264	3.583	3400	107.24	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	3.10804	0.01972	0.49969	2.58863	1.34439
1.264	3.583	3600	113.54	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	3.14790	0.01979	0.56021	2.56790	1.33363
1.264	3.583	3800	119.85	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	3.16087	0.01987	0.62418	2.51682	1.30710
1.264	3.583	4000	126.16	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	3.12426	0.01995	0.69161	2.41269	1.25302
1.264	3.583	4200	132.47	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	3.07977	0.02005	0.76251	2.29722	1.19305
1.264	3.583	4400	138.78	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	3.02369	0.02014	0.83685	2.16669	1.12526
1.264	3.583	4600	145.08	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	2.95185	0.02025	0.91466	2.01694	1.04749
1.264	3.583	4800	151.39	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	2.87399	0.02036	0.99593	1.85770	0.96479
1.264	3.583	5000	157.70	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	2.79473	0.02048	1.08065	1.69361	0.87957
1.264	3.583	5200	164.01	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	2.69833	0.02060	1.16883	1.50890	0.78364
1.264	3.583	5400	170.31	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	2.58154	0.02074	1.26047	1.30033	0.67532

Tingkat gigi 7 hasil *redesign* 7 tingkat kecepatan

it	ig	Rpm	Vk [km/jam]	Csr	Ctr	Effisiensi Torsi Konverter	Torque [N-m]	Ft [kN]	Rr	Ra	Ft Nett (kN)	a (m/s ²)
1.024	3.583	1600	25.65	0.4021	1.22916	0.51593	329.96647	1.16120	0.01927	0.02859	1.11335	0.57821
1.024	3.583	1800	44.25	0.6167	1.15190	0.56895	337.13007	1.22610	0.01931	0.08510	1.12170	0.58255
1.024	3.583	2000	58.15	0.7293	1.10105	0.62012	345.23045	1.30808	0.01936	0.14693	1.14179	0.59299
1.024	3.583	2200	71.04	0.81	1.07704	0.67355	349.47350	1.40689	0.01942	0.21930	1.16816	0.60668
1.024	3.583	2400	82.95	0.867	1.06744	0.72688	353.22062	1.52088	0.01950	0.29901	1.20236	0.62444
1.024	3.583	2600	94.21	0.9089	1.06264	0.78185	354.81865	1.63591	0.01959	0.38566	1.23065	0.63913
1.024	3.583	2800	104.88	0.9396	1.06264	0.83590	357.13304	1.76041	0.01970	0.47801	1.26271	0.65578
1.024	3.583	3000	114.25	0.9553	1.06264	0.88656	361.92715	1.89216	0.01980	0.56722	1.30513	0.67782
1.024	3.583	3200	123.62	0.969	1.06264	0.93691	366.17020	2.02306	0.01992	0.66402	1.33912	0.69547
1.024	3.583	3400	132.35	0.9764	1.06264	0.97709	369.53158	2.12918	0.02004	0.76110	1.34803	0.70009
1.024	3.583	3600	140.13	0.9764	1.06264	0.97709	374.27058	2.15648	0.02017	0.85328	1.28304	0.66634
1.024	3.583	3800	147.92	0.9764	1.06264	0.97709	375.81351	2.16537	0.02030	0.95072	1.19435	0.62028
1.024	3.583	4000	155.70	0.9764	1.06264	0.97709	371.46024	2.14029	0.02044	1.05343	1.06642	0.55384
1.024	3.583	4200	163.49	0.9764	1.06264	0.97709	366.17020	2.10981	0.02059	1.16141	0.92781	0.48185
1.024	3.583	4400	171.27	0.9764	1.06264	0.97709	359.50254	2.07139	0.02076	1.27465	0.77598	0.40300
1.024	3.583	4600	179.06	0.9764	1.06264	0.97709	350.96133	2.02218	0.02093	1.39316	0.60808	0.31580
1.024	3.583	4800	186.84	0.9764	1.06264	0.97709	341.70375	1.96884	0.02112	1.51694	0.43077	0.22372
1.024	3.583	5000	194.63	0.9764	1.06264	0.97709	332.28086	1.91455	0.02132	1.64599	0.24723	0.12840
1.024	3.583	5200	202.41	0.9764	1.06264	0.97709	320.81910	1.84851	0.02154	1.78030	0.04667	0.02424
1.024	3.583	5400	210.20	0.9764	1.06264	0.97709	306.93273	1.76849	0.02176	1.91988	-0.17315	-0.08992

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan penelitian sebagai berikut,

1. Pada kondisi standar, mobil fortuner mampu berjalan mencapai kecepatan maksimum sebesar 207 km/jam pada tingkat gigi keempat. Sedangkan, traksi yang dihasilkan oleh tingkat gigi ke lima dengan *gradeability* 0% (kondisi jalan datar) hanya mampu mendorong kendaraan sampai kecepatan maksimum 189 km/jam akibat adanya gaya hambat angin dan *rolling* yang muncul. Sehingga, berdasarkan analisa dapat dikatakan rasio gigi ke lima pada kondisi standar kurang optimal
2. Pada kondisi standar mobil mampu menghasilkan traksi maksimum sebesar 8.804754 kN pada 3800 rpm pada tingkat gigi pertama, sehingga percepatan maksimum yang dihasilkan sebesar 4.66 m/s²
3. Antara tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua, serta tingkat gigi kedua menuju tingkat gigi ketiga pada kondisi standar, masih terdapat loses traksi yang cukup besar dilihat dari celah yang ada pada grafik karakteristik traksi
4. Hasil pengujian dengan dynotest menunjukan bahwa efisiensi transmisi kendaraan pada tingkat gigi pertama sebesar 69,44 %, pada gigi kedua sebesar 67,8 % dan pada tingkat gigi ketiga sebesar 56,36 %. Hasil pengujian menunjukan penurunan nilai efisiensi seiring dengan berkurangnya rasio gigi
5. Hasil *redesign* rasio transmisi pada tingkat gigi pertama (baik pada 5,6 maupun 7 tingkat kecepatan) menghasilkan traksi kotor yang lebih tinggi dari kondisi standar yaitu sebesar 9.01 kN

6. Hasil *redesign* rasio transmisi pada tingkat gigi terakhir (baik pada 5,6 maupun 7 tingkat kecepatan) menghasilkan gaya dorong yang mampu melawan gaya hambat angin sampai kecepatan 202 km/jam
7. Besarnya loses traksi pada tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua ditinjau pada kecepatan 50 km/jam mengalami penurunan dari kondisi standar sebesar 4.564 kN, hasil redesign 5 tingkat sebesar 2.282 kN, hasil redesign 6 tingkat kecepatan sebesar 1.799 kN, kemudian pada hasil redesign 7 tingkat kecepatan sebesar 1.109 kN, begitu pula jika ditinjau pada perpindahan tingkat gigi berikutnya. Artinya loses traksi dapat diminimalisir dengan menambah jumlah tingkatan kecepatan.
8. Pada kondisi standar maupun hasil *redesign*, mobil mampu melalui kondisi tanjakan (*gradeability*) lebih dari 50%

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai desain detail susunan planetary gear agar rasio hasil *redesign* dapat dipertimbangkan untuk dapat diproduksi
2. Perlu dilakukan tinjauan mengenai berat optimal sistem transmisi untuk kendaraan
3. Perlu dilakukan tinjauan volume transmisi yang sesuai ruang yang tersedia pada mobil

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Committee on the Assessment of Technologies for Improving Fuel Economy of Light-Duty Vehicles, Phase 2 Board on Energy and Environmental Systems Division on Engineering and Physical Sciences Cost. "Effectiveness And Deployment Of Fuel Economy Technologies For Light-Duty Vehicles". The National Academic Press, Washington, DC ,2004.
- [2] Rizki, Mohamad Fikki., "Analisa Kinerja Sistem Transmisi pada Kendaraan Multiguna Pedesaan untuk Mode Pengaturan Kecepatan Maksimal Pada Putaran Maksimal Engine dan Daya Maksimal Engine", Tugas Akhir 2013.
- [3] Sutantra, I. Nyoman., Sampurno, Bambang., "Teknologi Otomotif Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh Nopember", Guna Widya, Surabaya, 2010.
- [4] Taborek, Jaroslav J. , "Mechanics of Vehicles", Penton Publishing Co., Ohio, 1957.
- [5] Tenaya, I G N P, Atmika, I Ketut Adi., "Karakteristik Traksi dan Kinerja Transmisi pada Sistem *Gear Transmission* Dan *Gearless Transmission*", Tugas Akhir 2004.
- [6] Wehrwein, Daniel, Darrell Robinette. "Automatic Transmission Technology Selection Using Energy Analysis", International CTI Symposium North America 2015, Michigan.
- [7] Aisin. A750F Automatic Transmission. Accessed at <http://www.aisin.com>
- [8] Annonym. (2015) Brochure Toyota Fortuner. Accessed at <http://www.toyota.ac/>

- [9] Annonym. Jeep Four wheel Drive System. Accessed at http://america.pink/jeep-four-wheel-drive-systems_2205932.html
- [10] Bowers, Ben. (2013) Four Wheel Drive Vs All Wheel Drive. Accesed at <http://gearpatrol.com/2013/03/29/four-wheel-drive-vs-all-wheel-drive-everything-you-need-to-know/>
- [11] Dzulqornain, fitroh. (2015) Prinsip kerja 4WD. Accesed at <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-4wd-four-wheel-drive/>
- [12] Nice, Karim . (2001) How Four Wheel Drive Work. Accesed at <http://auto.howstuffworks.com/four-wheel-drive.htm>
- [13] Toyota, Astra. (2011) Exterior Toyota New Fortuner Baru. Accesed at <http://www.astra-toyota.com/2011/03/exterior-toyota-new-fortuner-baru.html>

BIODATA PENULIS



Nico Yudha Wardana adalah anak pertama dari dua bersaudara, lahir di nganjuk 28 Maret 1994. Putra dari pasangan Bapak Suwaji dan Ibu Warsini. Penulis lahir dan besar di Kota Nganjuk. Berlatar belakang pendidikan di SDN Banaran Wetan I (2000-2006), SMP Negeri 1 Nganjuk (2006-2009), SMAN 2 Nganjuk (2009-2012). Menempuh pendidikan Sarjana Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Penulis semasa kuliah aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Mesin Departemen PPIM (Pengembangan Profesi dan Keilmiah Mahasiswa) mulai dari staff kemudian menjabat sebagai Kepala Biro Aplikasi Teknologi. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan kaderisasi selama 3 tahun kepengurusan, sampai akhirnya mendapat amanah sebagai Koordinator *Steering Comitte* POROS 2015. Selain itu, penulis juga aktif berkompetisi dalam bidang karya tulis ilmiah. Prestasi yang pernah dicapai yaitu sebagai Finalis Lomba Rancang Bangun Mesin IV BKSTM 2014 tingkat Nasional. Penulis mendapat beasiswa PPA selama kuliah mulai dari semester 3 sampai dengan semester 8.

Berpegang teguh pada sabda Rasulullah S.A.W “Sebaik-baik manusia adalah dia yang bermanfaat untuk orang lain” serta prinsip yang diajarkan orang tua penulis “apa yang kita tanam hari ini, akan kita panen di kemudian hari” menjadikan penulis pribadi yang disiplin, pekerja keras dan pantang menyerah. Penulis sangat terbuka bila ada saran, kritik yang membangun serta masukan terkait tugas akhir ini dan bisa dikirim melalui *e-mail* nico.yudha91@gmail.com.